

ASOCIO

Asociación Colombiana de
Investigación Operativa



Libro de Resúmenes

CONGRESO COLOMBIANO DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Editores:
Jairo R. Montoya-Torres
William J. Guerrero

© 2019 by ASOCIO Colombia.

NIT. 900886337-3

ISSN 2711-0001

Comité Directivo de ASOCIO

Elena Valentina Gutierrez

Presidente 2021 - 2023

Universidad del Valle, Cali

Gonzalo Enrique Mejía

Vicepresidente 2020 - 2022

Universidad de La Sabana, Chía

Juan Guillermo Villegas

Presidente Anterior

Universidad de Antioquia, Medellín

Mario César Vélez

Presidente Anterior

Universidad EAFIT, Medellín

Andrés Felipe Osorio

Secretario 2020 - 2022

Universidad ICESI, Cali

Carlos Alberto Franco

Secretario 2020 - 2022

Universidad del Rosario, Bogotá

Carlos Julio Vidal

Vocal 2020 - 2022

Universidad del Valle, Cali

William Javier Guerrero

Vocal 2020 - 2022

Universidad de La Sabana, Chía

Oscar David Barrera

Vocal 2020 - 2022

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

Eduyn Ramiro López

Vocal 2021 - 2023

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá

Javier Orlando Neira

Vocal 2021 - 2023

Universidad Politécnica de Valencia, España

Leonardo Rivera Cadavid

Vocal 2021 - 2023

Universidad del Valle, Cali

Comité de Organización

William J. Guerrero (Universidad de La Sabana)

Luz Helena Mancera (Universidad de La Sabana)

Jairo R. Montoya-Torres (Universidad de La Sabana)

David L. Cortés Murcia (Universidad de La Sabana)

Juan Sebastián Sánchez-Gómez (Universidad Sergio Arboleda)

Capítulo IISE #782 Universidad de La Sabana

Capítulo IISE #712 Universidad Sergio Arboleda

Capítulo IISE #988 Universidad de Los Andes

Apoyo administrativo

Laura Gómez

Universidad de La Sabana, Chía

Comité Académico

Co-Chairs

Jairo R. Montoya-Torres, Universidad de La Sabana

William J. Guerrero, Universidad de La Sabana

Luz Helena Mancera, Universidad de La Sabana

Juan Sebastián Sánchez-Gómez, Universidad Sergio Arboleda

Sepideh Abolghasem, Universidad de los Andes

David L. Cortés, Universidad de La Sabana

Miembros

Edgar Alfonso, Université Jean Monnet de Saint-Etienne, Francia

Johanna Amaya, Pennsylvania State University, USA

Julio Brito, Universidad de La Laguna, España

Victor Cantillo, Universidad del Norte

Fabián Castaño, Frubana

Nicolás Clavijo, Universidad Javeriana Cali

Jairo Coronado, Universidad de la Costa

David L. Cortés-Murcia, Universidad de La Sabana

David Barrera, Universidad Javeriana Bogotá

Carlos A. Franco, Universidad del Rosario

Ricardo Gatica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Chile

Guisselle García, Universidad del Norte

Rosa González, Universidad de los Andes Chile

Eliana M. González, Universidad Javeriana Bogotá

Elena Valentina Gutiérrez, Universidad del Valle

Edgar Gutiérrez-Franco, MIT Center for Transportation and Logistics, USA

Andrés Felipe Gutiérrez, Frubana

Nilson Herazo-Padilla, Universidad del Rosario

Juan Jaramillo, Adelphi University, NY, USA

José-Fernando Jiménez, Université de Savoie Mont Blanc, Francia

Adriana Leiras, PUC Rio, Brazil

Andrés López, Universidad del Norte

Eduyn López, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Antonio Martínez, University of Southampton, Reino Unido

Pablo Andrés Amaya Duque, Universidad de Antioquia

Andrés Medaglia, Universidad de los Andes

Christopher Mejía, MIT Center for Transportation and Logistics, USA

Gonzalo Mejía, Universidad de La Sabana

Carlos Montoya, Universidad Javeriana Bogotá

Carlos A. Moreno-Camacho, Ecole des Ponts ParisTech

Javier Neira, Universidad Politécnica de Valencia, España

Miguel Ortega Mier, Universidad Politécnica de Madrid, España

Camilo Ortiz, HEC Montréal, Canadá

Andrés Felipe Osorio, Universidad ICESI

Carlos L. Quintero-Araújo, Universidad de La Sabana
Juan Sebastián Sánchez-Gómez, Universidad Sergio Arboleda
Luis Alfredo Paipa, Universidad de La Sabana
Andrea Pirabán, Universidad de la Costa
Daniel Prato, Logyca, Colombia
Catalina Ramírez, Universidad de los Andes
Diana Ramírez, Rensselaer Polytechnic Institute, USA
María Isabel Restrepo, IMT Atlantique, Francia
Lorena Reyes-Rubiano, Otto-von-Guericke University Magdeburg, Alemania
Leonardo Rivera Cadavid, Universidad del Valle
Diana Rodríguez Coca, Oklahoma State University, USA
Ruben Ruíz, Universidad Politécnica de Valencia, España
José Luis Ruíz, Universidad de La Sabana
Alfonso Sarmiento, Universidad de La Sabana
Angélica Sarmiento, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Carlos Mario Socarras, Smart BP
Elyn Solano-Charris, Universidad de La Sabana
Carlos Suárez, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador
Rafael Tordecilla, Universidad Abierta de Cataluña, España
Andrés Felipe Torres, Universidad de los Andes
Carlos A. Vega-Mejía, Universidad de La Sabana
Nubia Velasco, Universidad de los Andes
Mario C. Vélez, Universidad EAFIT
Juan Guillermo Villegas, Universidad de Antioquia

Contenido

1. Saludos de bienvenida.....	6
2. Conferencistas plenarios.....	7-8
4. Tutoriales.....	9
5. Resúmenes de las ponencias.....	10-34

Saludo de la presidente de ASOCIO

Desde el Consejo Directivo de la Asociación Colombiana de Investigación Operativa (ASOCIO), nos place darles la más cordial bienvenida al IV Congreso Colombiano de Investigación Operativa, ASOCIO 2022. En esta edición, los colegas de la Universidad de La Sabana han trabajado de manera conjunta con los Capítulos de la Región 16 del Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), para realizar el congreso en tres universidades: Universidad de La Sabana, Universidad Sergio Arboleda y Universidad de Los Andes.

El Congreso ASOCIO 2022 es una excelente oportunidad de encuentro presencial y de colaboración para nuestra comunidad, que se nos brinda gracias a la iniciativa y compromiso de nuestros colegas de la Universidad de La Sabana y del IISE. La agenda del Congreso es muy interesante y diversa: cinco conferencistas excepcionales nos presentarán las tendencias de investigación de operaciones en diferentes áreas de trabajo; tendremos cinco tutoriales, cuatro de ellos liderados por nuestros Grupos de Trabajo de ASOCIO, y uno en el que se nos presentará la dinámica de publicación en una nueva revista de la comunidad internacional; podremos también compartir ideas en un foro de ciencia abierta y conocer los trabajos seleccionados en dos concursos estudiantiles.

Gracias al trabajo coordinado de los Comités Organizador y Académico del Congreso y de los miembros de ASOCIO y del IISE, tendremos también espacios para que nuestra comunidad pueda compartir sus actividades académicas y administrativas. El programa incluye la presentación de más de 100 trabajos aceptados para ponencia, en más de 30 sesiones paralelas programadas en las tres universidades. ASOCIO celebrará su Asamblea General Ordinaria el lunes en la Universidad de La Sabana, y el IISE tendrá también su Asamblea el jueves en la Universidad Sergio Arboleda. Ese mismo día tendremos la oportunidad de encontrar de nuevo a nuestros colegas y amigos en el evento de Networking, y de crear nuevos contactos de trabajo y colaboración. La premiación de los concursos estudiantiles y el cierre del evento se realizará el viernes en la Universidad de Los Andes.

Adicional a los múltiples espacios de encuentro y colaboración, los Comités han gestionado la edición de las memorias y de posibles publicaciones para los trabajos presentados en el Congreso. Las memorias estarán indexadas en Springer y los mejores trabajos serán seleccionados para presentarse a la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Estas son también excelentes oportunidades para mejorar la visibilidad de los trabajos de nuestra comunidad.

Desde ASOCIO agradecemos a los Comités Organizador y Académico del Congreso, a los conferencistas, a los colegas que ofrecerán los tutoriales y foros, y a quienes coordinan los concursos estudiantiles. En especial, queremos agradecer a todos los miembros de la comunidad que presentaron sus trabajos y que participarán en este maravilloso espacio de encuentro. La Asociación cumple sus objetivos gracias al compromiso de todos.

Los invitamos a que revisen con detalle la agenda preparada por los organizadores del Congreso y a que conozcan los trabajos en las diferentes áreas de aplicación de la Investigación de Operaciones (IO) y la Ingeniería Industrial (II): el diseño de cadenas de abastecimiento resilientes y sostenibles; el uso de la analítica para el manejo del cáncer y para la sostenibilidad; la economía circular y la logística humanitaria. De igual forma, los más de 100 trabajos aceptados para ponencias están organizados por temáticas así: Programación matemática; Métodos heurísticos, metaheurísticos, algoritmos híbridos; Optimización combinatoria; Programación estocástica y simulación; Aplicaciones de inteligencia artificial; Aplicaciones de IO y de II en Sistemas de Salud, Gestión de Operaciones, Logística Humanitaria y Sostenibilidad; Transporte, Logística y Cadenas de Suministro.

¡Bienvenidos!

Elena Valentina Gutiérrez
Presidenta ASOCIO

Conferencistas plenarios

DESIGNING RESILIENT SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS USING OR METHODS

Profesor Ana Paula Barbosa Póvoa

Instituto Técnico Superior, Universidad de Lisboa, Portugal

Profesora titular de Operaciones y Logística en el Departamento de Ingeniería y Gestión del Instituto Superior Técnico (IST) de la Universidad de Lisboa. Tiene un doctorado del Imperial College of Science Technology and Medicine, Reino Unido. Su investigación se centra en el desarrollo de una comprensión integral de los problemas complejos en las cadenas de suministro y la gestión de operaciones, con el apoyo de modelos y técnicas de sistemas de ingeniería novedosos y de sonido. Ha creado y coordina el grupo de investigación en Gestión de Operaciones y Logística (OpLog) en el Centro de Estudios de Gestión de IST. Su investigación ha dado lugar a varios premios nacionales e internacionales que han recibido recientemente el honor de ser considerado el mejor investigador en Gestión Industrial en la Universidad de Lisboa. Es editora de las revistas académicas *Computers and Chemical Engineering Journal* y miembro de varios consejos editoriales, como *European Journal of Operational Research*, *International Journal of Production Economics*, *TOP* y *Operations Research Perspectives*.



NOURISH OR PERISH: A RESEARCH JOURNEY THROUGH FOOD SUPPLY CHAINS"

Dr. Christopher Mejía Argueta

Center for Transportation and Logistics

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA

Investigador científico del Centro de Transporte y Logística del MIT. Desarrolla investigación aplicada sobre operaciones de venta al por menor y cadenas de suministro de alimentos para múltiples partes interesadas, incluidos fabricantes de bienes de consumo envasados, transportistas y minoristas en el Food and Retail Operations Lab (FaROL). Su investigación se centra en la mejora de la eficiencia, la flexibilidad de las operaciones en múltiples partes interesadas, el diseño de rutas al mercado y estrategias logísticas para abordar los patrones de compra cambiantes, acoplado estos perfiles dinámicos de los consumidores con el panorama minorista, y reducir los problemas socioeconómicos y de salud no deseados relacionados con la disparidad de ingresos, el atraso social, la malnutrición alimentaria, el desperdicio de alimentos mediante la propuesta de políticas sostenibles, modelos de negocio para ayudar a los segmentos vulnerables de la población.



OPTIMIZATION OF VIRTUAL MACHINE PLACEMENT PROBLEMS AT AMAZON ELASTIC COMPUTE CLOUD

Profesor Rubén Ruíz García

Principal Applied Researcher, Amazon, USA

Rubén Ruiz es Doctor, ingeniero informático y Principal Applied Researcher en Amazon. El Dr. Ruiz desarrolla su actividad investigadora principalmente en el área de la programación de la producción o "scheduling" así como en otras áreas como rutas y programación de proyectos. Otros intereses son el análisis estadístico del rendimiento de algoritmos y técnicas de búsqueda local iterativa o voraz. Es autor de más de una cincuenta de artículos científicos en revistas como *European Journal of Operational Research*, *Computers and Operations Research*, *INFORMS Journal on Computing* y otras. Es autor o coautor en más de 100 presentaciones en congresos. Así mismo es editor de la revista *European Journal of Industrial Engineering* y de la revista *Applied Mathematics and Computation*. Es miembro del comité editorial de revistas como *European Journal of Operational Research* e *International Journal of Applied Management Science* así como de varios congresos y talleres.



INGENIERÍA HUMANITARIA UNA INICIATIVA PARA LA TRANSFORMACIÓN SOCIAL

Ing. Luis Alejandro Angel
Decano de Ingeniería Industrial
Universidad Sergio Arboleda, Bogotá



Profesional en ingeniería de la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” con magister en ingeniería industrial – Dirección y Gestión Organizacional de la Universidad de los Andes. Experto en gestión de organizaciones; diseño y aplicación de modelos de simulación en sistemas sociales; diseño de políticas públicas e institucionales; generación de sinergias entre la Ingeniería y otras disciplinas del conocimiento para comprender de una forma más integral los sistemas sociales; apoyar y soportar sistemas de toma de decisión en organizaciones; diseñar, medir y seguir estrategias organizacionales con énfasis en herramientas como “Cuadro de mando integral”; aplicación de metodologías “soft systems” para diagnósticos organizacionales; aplicación de metodologías participativas para responsabilidad social; estrategia organizacional; gestión del conocimiento; teorías evolutivas aplicadas a la gestión de talento humano y optimización; ética en el ejercicio profesional de la ingeniería. Actualmente es Decano Asociado de Ingeniería Industrial de Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería.

ANALÍTICA DE DATOS PARA LA SOSTENIBILIDAD

Profesor Andrés Medaglia
Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada (COPA)
Universidad de los Andes, Bogotá



Profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial, co-fundador y actual director del Centro para la Optimización y Probabilidad Aplicada (COPA) de la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia). Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, 1992); Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes (Bogotá, 1995); y Doctor en Investigación de Operaciones de North Carolina State University (Raleigh, EEUU; 2001). De 1999 a 2002 tuvo vínculos con SAS (Cary, EEUU), primero como especialista en optimización en el Departamento de Investigación de Operaciones, y luego, en su postdoctorado en el Departamento de Ingeniería Industrial de North Carolina State University (financiado por SAS). Su investigación se concentra en el desarrollo y la aplicación de técnicas de optimización, con especial interés en las áreas de logística y transporte; agro-sistemas; ciudades saludables y sostenibles; selección y programación de proyectos; y diseño en ingeniería. Actualmente hace parte del cuerpo editorial de Computers and Operations Research y European Journal of Industrial Engineering

Tutoriales

Analítica predictiva para el manejo del cáncer

David Barrera

Pontificia Universidad Javeriana,
Bogotá



Grupo de trabajo en Investigación de Operaciones en Salud

Economía circular y OR

Pablo Andrés Maya

Universidad de Antioquia

Juan Guillermo Villegas

Universidad de Antioquia



Grupo de trabajo en Sostenibilidad

¿Cómo la investigación de operaciones puede apoyar el tema de decisiones en el abastecimiento y distribución sostenibles?

Gonzalo Mejía Delgadillo

Universidad de La Sabana, Chía



Grupo de trabajo en Sostenibilidad

Logística humanitaria

Victor Cantillo

Universidad del Norte, Barranquilla



Grupo de trabajo en Investigación de Operaciones en Logística Humanitaria

Meet the Editor: Sustainability

Analytics and Modeling

Professor Elise Miller-Hooks



George Mason University, USA

Resúmenes de las ponencias

Programación matemática (entera, no lineal, lineal, difusa)

10: Teaching disjunctive constraints using Among Us examples

Alejandro Arenas-Vasco, Eduwin J Aguirre-González, Camila Camacho and Juan Guillermo Villegas

In optimization models, a disjunctive constraint allows one of two conditions to be met. As logical connectors are not allowed, these constraints require modelling techniques which are not so intuitive for undergraduates. The traveling salesman problem has been used quite often to teach these disjunctive constraints. In this paper, we propose an activity to teach disjunctive constraints using the Among Us game and the traveling salesman problem. In the game, some crewmates in a spaceship must finish a series of tasks without being sabotaged by an impostor. As the times the impostor visits some areas are known, the crewmates must arrive before or after the impostor to avoid elimination (hence the disjunctive constraint). The activity requires from the student: a heuristic to solve the traveling salesman problem, to solve the problem without the impostor in the minimum time possible and to solve the problem taking the impostor whereabouts into consideration.

20: Generación del Fixture del Fútbol Profesional Colombiano por medio de un modelo de programación entera mixta

Santiago Neira Mendieta, Juan Manuel Martínez Reyes, Juan Sebastian Palomino Merchan, David Mateo Contreras Martínez and Angelica Sarmiento Lepesqueur

Actualmente el calendario del fútbol profesional colombiano no garantiza equidad para todos los equipos participantes y espectáculo para los espectadores de dicho torneo. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó un modelo de programación entera mixta con el objetivo principal de generar el calendario para las 20 jornadas del torneo colombiano para el primer semestre del año 2020. El modelo busca minimizar la distancia total recorrida por los equipos garantizando condiciones relacionadas con el espectáculo para los distintos espectadores del torneo y de equidad en los enfrentamientos de cada una de las jornadas para los equipos participantes según su categoría. El modelo realizado es un flexible, dado que se puede ajustar a diferentes condiciones de calendario para posteriores torneos. Como resultado principal del modelo, se generaron los enfrentamientos para las 20 fechas donde los equipos recorren una distancia total de 171.904,54 Km, donde se categorizó a cada uno de los equipos según su desempeño durante los torneos anteriores y la cantidad de títulos ganados en su historia. Lo anterior con el fin de determinar los partidos más atractivos para el público y asegurar el espectáculo en cada jornada. Se puede concluir que el modelo propuesto es ideal para el desarrollo del calendario ya que este tiene en cuenta todas las condiciones limitantes, en términos geográficos, logísticos y culturales que permite tener un calendario competitivo y favorable tanto para los equipos como los demás entes interesados.

37: Nuevo Modelo de programación entera para la programación de horarios en una institución de Educación superior

Jessica Ximena Moreno Cortes, William Javier Guerrero Rueda and Juan Camilo Yepes Borrero

La programación de horarios de clases académicas en una Institución de Educación Superior (IES) es una actividad que se realiza antes de iniciar cada uno de sus periodos académicos, de acuerdo con el horizonte de planeación puede ser semestral, trimestral, cuatrimestral o mensual dependiendo de la IES y actualmente puede ser una de las actividades donde se emplean tiempos prolongados y requiere personal especializado para su ejecución con el fin de dar cumplimiento de requisitos establecidos, lineamientos, reglamentaciones, limitaciones de infraestructura o limitaciones que deben ser determinadas por el departamento de acuerdo con el plan de estudios, prerrequisitos o de acuerdo con la pertinencia del proceso de formación. La dependencia encargada de la planeación, ejecución y verificación considera relevante aumentar la utilización de espacios físicos especializados y el aprovechamiento de la asignación de profesores a cursos de acuerdo con la especialidad en el área de formación o experiencia profesional, disponibilidad de horarios para estudiantes y tipo de profesor (tiempo completo, investigador y hora cátedra); la utilización de los espacios físicos

especializados es asignada entre los departamentos que integran una facultad y demás programas de una institución de educación superior de acuerdo con la prioridad, cantidad, duración y pertinencia de las prácticas, de acuerdo con la secuencia de las temáticas en cada una de las clases abordadas en el horizonte de planeación. En el programa académico de estudio las salas especializadas están integradas por salas de sistemas, laboratorio de métodos y tiempos, laboratorio de simulación, laboratorio de automatización, taller de procesos industriales, laboratorio de materiales de ingeniería, laboratorio de resistencia de materiales, laboratorio de tratamiento de materiales, salas de dibujo, laboratorio de sistemas integrados de manufactura, laboratorios de física y laboratorios de química relevantes en el desarrollo de los contenidos académicos del curso, donde los grupos de un mismo espacio académico tengan las mismas oportunidades para interactuar con software, materiales, herramientas y máquinas para realizar prácticas en condiciones apropiadas e igualdad de condiciones.

Con el diseño de un modelo basado en programación entera-mixta que permita optimizar la programación horaria de un programa de pregrado en una Institución de Educación Superior (IES) se realiza la programación de horarios de clase que integra un conjunto de profesores, horas, días, espacios académicos o materias, semestres académicos, un conjunto donde se indica el recurso físico requerido para cada uno de los espacios académicos o laboratorios especializados y grupos de un mismo espacio académico. En la primera etapa del modelo propuesto se genera una programación de los espacios académicos, teniendo en cuenta los KPI's del modelo, se realiza la comparación con la programación de horarios manual revisando las bondades del modelo realizado, en términos de tiempo, cumplimiento de restricciones, asignación pertinente para profesores de acuerdo con su perfil y experiencia, con una función objetivo de asignación que maximiza la utilización de los recursos y no genera cruces en los espacios académicos de un mismo semestre académico de acuerdo con las franjas establecidas por la IES.

46: Modelo matemático para la programación del fixture de la liga colombiana de fútbol

Andrés Felipe González Barrantes, Lady Johana Nieto Segura, Juana Valentina Zapata Vásquez and Andrés Mauricio Paredes Rodríguez

El campeonato de la primera división del fútbol colombiano es uno de los eventos deportivos con mayor número de fanáticos en el país, en el cual se enfrentan 20 equipos de diferentes ciudades a lo largo de 20 fechas, teniendo en cuenta que los conocidos clásicos regionales se llevan a cabo dos veces en cada torneo. La construcción del fixture para la programación de cada fecha es una tarea compleja debido a que se deben satisfacer múltiples condiciones como lo son el aumento de beneficios económicos para los clubes, la generación de partidos atractivos en cada ronda, la reducción de la distancia recorrida por los equipos para garantizar una óptima recuperación física de los jugadores, entre otros criterios a considerar. Teniendo en cuenta que en los últimos años el torneo de fútbol colombiano ha recibido muchas críticas y se ha perdido el interés entre los aficionados debido a la poca competitividad y desequilibrio en los partidos, lo cual beneficia siempre a los grandes equipos, en esta investigación se presenta un modelo de programación lineal entera mixta desarrollado para la programación de liga colombiana de fútbol para el primer semestre del año 2022 con lo cual se busca mejorar el nivel de competitividad y atractividad del torneo.

51: Mathematical Models for Scheduling Electric Vertical Take-off and Landing (eVTOL) Vehicles at Urban Air Mobility Vertiports

Julián Alberto Espejo-Díaz, Edgar Alfonso and Jairo R. Montoya-Torres

Over the last years, there have been significant technological advances in electric vertical take-off and landing (eVTOL) vehicles. Currently, multiple companies are working to establish new air transportation services in urban areas, such as air taxis. With the growing number of projects and interest in these new air services, urban airspace can become congested within the next decade. A key element of these emerging aviation markets that uses eVTOL vehicles is their take-off and landing areas, known as vertiports or skyports. The high volume of expected eVTOL aircraft can cause vertiports to become the bottleneck of urban air operations. Therefore, the aircraft should be efficiently scheduled using appropriate decision tools. This study proposes two mathematical formulations for scheduling take-off and landing aircraft

at vertiports. The models consider urban air mobility operational characteristics such as separation times and blocking constraints to avoid collisions while the aircraft use the vertiport. As objective function, we minimize the completion of the last aircraft operation at vertiports. Results show that the optimization models assign and sequence aircraft at vertiport components to both departing and landing aircraft considering separations in the vertiport gates, touchdown, and liftoff (TLOF) pads, and in common ground taxi routes. This paper hence opens avenues for further research.

62: Diseño de un modelo para la configuración de la nómina de un equipo de fútbol desde un enfoque de programación lineal

Andrés Mauricio Paredes Rodríguez and Diego León Peña Orozco

Hoy en día, el fútbol es uno de los deportes que mayor fanática concentra a nivel mundial y genera ingresos a los equipos provenientes de la venta de entradas a los partidos, la participación de torneos nacionales e internacionales y el mercadeo de material publicitario asociado a sus principales jugadores. Debido a esto, es indispensable que un equipo de fútbol defina correctamente la nómina de jugadores que enfrentará las diferentes competencias a nivel nacional e internacional, ya que esta decisión se encuentra directamente relacionada con una mayor probabilidad de victoria en un enfrentamiento; no obstante, el criterio de selección de los jugadores sigue estando a cargo del entrenador deportivo y en ocasiones estas decisiones pueden ser sesgadas y no considerar criterios objetivos relacionados con el rendimiento y estado actual del jugador. A partir de esta problemática, la presente investigación define un modelo de programación por metas que busca asignar los jugadores disponibles en un equipo de fútbol a las distintas posiciones necesarias para enfrentar un partido, teniendo en cuenta el desempeño de cada jugador en distintas habilidades necesarias para cada posición dentro del campo como lo son la fuerza, resistencia, flexibilidad y velocidad; asimismo, el modelo considera la experiencia que tiene el jugador dentro de una determinada posición para realizar un proceso de asignación adecuado que aumente la probabilidad de ganar en un enfrentamiento. El modelo desarrollado es probado en un equipo de fútbol universitario de una ciudad del centro del Valle del Cauca, donde se logra inicialmente realizar un análisis de la información de los jugadores que permite obtener las competencias de cada uno de ellos como parámetro clave para la configuración final de la nómina titular del equipo.

76: Computational environment to model stochastic dynamic decision processes in Public-Private Partnerships for infrastructure maintenance

Juan José Beltrán Ruiz, Camilo Hernando Gómez Castro, Samuel Rodríguez González and Martín Romero Uribe

Public Private Partnerships (PPPs) have proven to be an effective mechanism to deliver public assets or services by means of associations between a public entity and a private contractor. One of the challenges of PPPs is the potential conflict of interest between the public entity (which represents an interest in the social benefit) and the private contractor (which might be profit oriented). In this sense, each party might pursue unilateral decision strategies that compromise the overall performance of the project. This poses a game theoretical problem in which the use of computational decision support models can help explore the joint decision space for the public and private parties, allowing to discover and evaluate win-win solutions. We adopt a Markov Decision Process framework to model the dynamics of a PPP in the context of a maintenance project of a deteriorating road. Specifically, we implement a computational environment that emulates the problem dynamics, allowing to evaluate rational parties' decisions generated through different policies or techniques. We implement solution approaches based on mathematical and dynamic programming, and compare them based on their ability to identify and address tradeoffs between the parties' interests within reasonable computational times. The proposed computational environment allows to analyze conflicts of interest in sequential decision problems under uncertainty, acting as a computer-aided decision support tool for PPP projects. Future work is devoted to including more realistic problem features (e.g., decentralized settings, information asymmetry) and developing solution techniques based on approximate dynamic programming and reinforcement learning.

98: Collaborative versus Non-Collaborative Bus School Routing

Luz Helena Mancera, Julián Andrés Hincapié-Urrego, Jairo R. Montoya-Torres, Danna Valentina Ubaque-Hernández, Natalia Andrea Orrego-Oviedo and Angie Natalia Montaña-Gil

Vehicle congestion in Bogotá is high, generating high operating costs and long waiting times for school buses for children. Currently, in Bogotá, and in most of Colombian cities, each school owns its own transportation fleet or outsources buses for the exclusive transportation service for its own students. Student pick-up in the morning and drop-off in the afternoons can be each one modeled as the well-known bus routing problem, which is a special case of the vehicle routing problem (VRP) with a single depot (the school). This approach of the problem can generate inefficiencies when analyzing schools located nearby within the same area. Therefore, this paper compares the results obtained by applying traditional routing models, where each school picks up its students, with a collaborative transportation scheme, in which students from different schools are assigned to a shared bus fleet. This last approach allows schools in the same area picking up students regardless of the school they belong to. Mathematical models are proposed and solved using a commercial solver. As a result, due to the number of pick-up points for each configuration, the solver was not able to reach the global optimum for any of both "traditional" and "collaborative" routes. Despite this, the collaborative transportation model showed advantages in terms of the total distance traveled by the bus fleet, which decreases by 4.37%. The paper opens opportunities for further exploring the collaboration bus routing problem.

Métodos heurísticos, metaheurísticos, algoritmos híbridos

4: Metaheurístico basado en multi-space sampling para la solución de problemas de distribución

Carlos Alberto Sánchez Alzate and Juan G. Villegas R.

Los problemas de distribución (PD) buscan agrupar pequeñas áreas geográficas (clientes, manzanas, barrios, etc.), llamadas unidades básicas, en grupos geográficos más grandes, llamados distritos, de manera que estos últimos sean aceptables según los criterios de planificación relevantes. Aplicaciones de estos problemas aparecen en un sinnúmero de áreas tales como zonificación política, diseño de zonas de ventas y distribución, planeación de cuidado domiciliario entre otras (Kalcsics, 2015). Para la solución de los PD se utilizan distintas técnicas, que van desde heurísticos constructivos y de búsqueda local hasta metaheurísticos, y métodos exactos basados en programación entera (Ríos-Mercado, 2019).

43: Diseño de un modelo de ruta crítica para la ubicación de trampas en el control de la plaga mosca de fruta caso de estudio: cultivos de mango en la vereda "La Vega" en el municipio de La Mesa - Cundinamarca - Colombia

Diego Mauricio Sanchez Oviedo, William Javier Guerrero Rueda and Juan Camilo Yepes Borrero

El problema del camino más corto es un problema de optimización que ha sido ampliamente estudiado en la literatura y ha tenido múltiples aplicaciones en la industria en diseño de rutas de transporte, diseño de redes de telecomunicaciones o en avances de la tecnología como fue el desarrollo de aplicaciones para planeación de rutas de transporte. El objetivo general de este proyecto es diseñar una ruta para la ubicación de trampas en el control de la plaga de mosca de la fruta en cultivos de mango ubicados en la vereda La Vega en el municipio de La Mesa Cundinamarca Colombia, mediante la adaptación del modelo generalizado del problema elemental del camino más corto GESPP (por su sigla en inglés) y posteriormente contrastar los resultados obtenidos con el modelo con la implementación de un algoritmo metaheurístico GRASP que resuelva el problema de manera ágil minimizando el consumo de recursos computacionales. Finalmente, se realiza una comparación de los resultados obtenidos entre el modelo adaptado GESPP y el algoritmo metaheurístico.

72: BRCWS con S.A para el Problema de distribución de productos MTRVP con flota heterogénea

Juan Chacon, Julio Londoño and Carlos Arango

El conocido problema de distribución de productos desde un proveedor a múltiples clientes, VRP, es desde sus inicios un problema que, por su naturaleza combinatoria, considerado NP-Hard. Este problema, dependiendo del contexto puede tener diferentes variantes, una de estas, la de la disponibilidad de los vehículos, que puede ser porque la flota de vehículos es limitada, las órdenes de los clientes sean muy grandes o sencillamente, porque por existe alguna restricción que limita su disponibilidad, por ejemplo, el cumplimiento de ciertas normas sanitarias. Debido a esta situación, los vehículos pueden ser programados nuevamente para hacer otras distribuciones. Este problema es conocido como el ruteo de vehículos con múltiples viajes MTRVP. El MTRVP tiene restricciones tales como que la flota de vehículos sea homogénea o no. Tradicionalmente, este problema ha sido resuelto considerando como objetivo la minimización del costo total, lo que implica que, cuando la flota de vehículos es heterogénea su programación considere la utilización de los vehículos que tienen un menor costo; sin embargo, en este problema, otros objetivos pueden estar presente, como el de hacer una mayor cantidad de viajes durante una jornada y aquí, el objetivo puede ser la minimización de los tiempos de ruta o de la distancia total recorrida por todos los vehículos. Para resolver este último problema, nosotros desarrollamos un algoritmo que combina el método MERC para la asignación de los vehículos, con el método de los ahorros sesgado, el cual permite que cada vez que el problema sea resuelto se inicie con una solución inicial diferente y finalmente se aplica a cada solución la metaheurística Recocido Simulado como estrategia para la exploración de nuevas soluciones prometedoras. El algoritmo diseñado fue probado con instancias conocidas de la literatura para el MTRVP con flota heterogénea, mostrando que las soluciones que minimizan los costos no minimizan las distancias.

110: Nueva mate-heurística para solucionar el Strip Packing Problem con piezas irregulares (SPPi)

Germán Fernando Pantoja Benavides, Ramón Alvarez-Valdes, Francisco Parreño Torres and David Álvarez Martínez

El SPPi consiste en ubicar un conjunto de piezas irregulares en una cinta rectangular de ancho fijo y largo variable, buscando minimizar el largo. La versión clásica de este problema considera las restricciones de contención (todas las piezas deben estar completamente dentro de los límites de la cinta) y de no solapamiento (las piezas dentro de la cinta no deben solaparse). Adicionalmente, en este estudio se consideran rotaciones múltiples para las piezas. Las aplicaciones de este problema se encuentran en varias industrias relacionadas con corte de material 2D como textiles, metales y vidrio. Por ejemplo, en la industria textilera, se necesitan cortar piezas irregulares para fabricar ropa. Estas son cortadas de rollos de tela que al desenrollarse tienen una forma rectangular de ancho fijo y lo que se busca es organizar las piezas lo más juntas posible para disminuir la cantidad de tela usada.

Este problema se lo ha intentado resolver usando diversas metodologías. Los enfoques que usan modelos matemáticos solucionados con optimizadores pueden llegar a soluciones óptimas dado un tiempo específico, sin embargo, la calidad de sus soluciones tiende a decrecer rápidamente a medida que el tamaño del problema crece (más piezas y/o piezas más complejas). Incluso, en algunos, puede que ni si quiera se encuentre una solución factible en un tiempo límite. Los enfoques basados en heurísticas se caracterizan por encontrar soluciones rápidamente, sin embargo, no se puede asegurar su optimalidad, de hecho, en algunos casos, las soluciones encontradas pueden estar bastante alejadas de la óptima. Finalmente, los enfoques mate-heurísticos corresponden a integraciones entre los dos enfoques anteriores y sus soluciones tienden a ser mejores en comparación a las obtenidas con aproximaciones heurísticas en un tiempo similar. Por esta razón, las mate-heurísticas últimamente han llamado la atención de investigadores para resolver diversos problemas.

La integración entre modelos matemáticos y heurísticas se puede hacer de diversas maneras. En este estudio, se genera heurísticamente un subproblema del problema original para ser modelado y solucionado con un optimizador, garantizando que las soluciones del subproblema sean soluciones del problema original. El estancamiento en un óptimo local se enfrenta al usar una búsqueda por vecindad variable descendente (Variable Neighbourhood Descent). De esta manera, los subproblemas siguen un orden determinado y

una complejidad que irá aumentando a medida que no se van encontrando mejores soluciones. Para generar los subproblemas, el patrón de empaquetamiento se divide en varias secciones y cada sección generará un subproblema cuyas variables se crean según la cercanía entre las piezas. El aumento de complejidad se refiere al aumento del número de variables que puede tener el subproblema.

La metodología de este estudio se comparó con las mejores metodologías publicadas usando una batería de instancias encontradas en la literatura. Los resultados muestran que se tiene un desempeño competitivo con respecto a las mejores metodologías publicadas que resuelven este problema. Como trabajo futuro se tiene generalizar la metodología para abordar otros problemas de empaquetamiento en 2D y 3D.

113: Design of a method for assigning breaks in a predefined shift plan for a contact center

Jaimés Vanegas Kevin Felipe, Villamizar Lozano Sergio Andres, Roldán Nariño Raúl Fábian

In this research it is studying one of the many applications and challenges that contact centers face for staff scheduling. The objective of this work is to design and implement a solution technique that seeks to minimize costs due to missing agents during lunch and breaks time, reducing execution times and fulfilling with the restrictions that each operation to evaluate has. In this way, the use of a genetic algorithm was proposed to be able to provide a solution responding to all the requirements, achieving results close to the optimum. For a correct fulfillment of the methodology, the method proposed is ISO 13053 of 2012, which establishes the use of the continuous improvement cycle composed of the Define, Measure, Analyze, Improve and Control steps, for each of the specific objectives with each of the steps mentioned above, and thus manage to effectively develop the research proposal. A variety of scenarios is proposed, each with different restrictions and variables, in order to assess how the proposed application responds. As results of this work, we expect to generate solutions with better performance in comparison with the company actual scheduling model.

118: Heurística para la definición y asignación de grúas no dedicadas en un sistema automatizado de almacenamiento y recuperación (AS/RS) multi-pasillo

Edgar Eduardo Cordoba Sarmiento, Edwin Alberto Garavito-Hernandez and Laura Y Escobar-Rodriguez

Los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación o AS/RS, se definen como una solución logística para entornos de producción y distribución, en donde un conjunto de estantes es alimentado por grúas automatizadas a través de los pasillos del sistema. Un AS/RS, apoyado por un sistema de administración de almacenes, realiza operaciones de almacenamiento, involucrando tecnologías de la industria 4.0 y favoreciendo entornos más seguros y productivos. Su implementación, permite la gestión de inventarios a partir de las ordenes de almacenamiento y recuperación generadas, optimizando la utilización del espacio físico disponible y los procesos de manipulación de materiales, favoreciendo el desempeño del sistema en términos de los tiempos de almacenamiento y recuperación, el flujo de materiales, el consumo de energía, los costos de operación y otras medidas asociadas. Múltiples decisiones físicas y de control componen el diseño global de un AS/RS, dentro de las cuales se encuentran el tipo de tecnología del sistema, el número de pasillos, el tamaño de los estantes, los puntos físicos de ingreso y salida de material, las políticas de almacenamiento y secuenciación, entre otras. Asimismo, en busca de mejorar el desempeño del sistema, estas decisiones son abordadas desde diferentes perspectivas, representando los AS/RS a través de modelos matemáticos, analíticos o de simulación.

Ahora bien, en la literatura se evidencian pocas investigaciones asociadas a metodologías para la definición del número de grúas en un AS/RS, por lo que, en diversos estudios este componente se aborda como parámetro de entrada del sistema. Considerando lo anterior, en este trabajo se propone una heurística para la definición y asignación de grúas no dedicadas en un AS/RS multi-pasillo, considerando aspectos como la priorización en pasillos y el análisis y evaluación de resultados desde la perspectiva del costo. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el criterio propuesto es eficiente computacionalmente lo que facilita su integración en el análisis desde diferentes perspectivas para este tipo de sistemas. Para futuros

trabajos, se propone incorporar los resultados obtenidos a partir del método propuesto a modelos matemáticos enfocados en las decisiones de secuenciación y almacenamiento de los AS/RS.

Optimización combinatoria, aproximabilidad, teoría de grafos, métodos de descomposición, optimización multi-objetivo, optimización robusta

11: Effects of different formulations and software parameters over a Heterogeneous Fleet Multi Depot Periodic Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows

Alejandro Arenas-Vasco, Juan Carlos Rivera, Maria Gulnara Baldoquin and Simón Álvarez

The Vehicle Routing Problem (VRP) is a problem which can be described as: determine how to use a fleet of vehicles to attend a determined number of clients. Researchers nowadays are focusing on VRPs which can simulate close to real-life scenarios. To do so, attributes are added to the original VRP. For example, in the simple VRP only a depot is considered. When the problem is solved with more than one depot, the multi depot attribute is added to the problem.

This research is performed to solve a problem in the vending machine industry in Medellín, Colombia. In this problem, the company must schedule the routes of its vehicles for a two-week span. This is because the clients are categorized into five patterns of visit: daily, three times per week, two times per week, once per week or once in the two-week span. The company has two depots with finite capacity to serve the vending machines installed in every customer venue. The routes can be performed with different types of vehicles which have different maximum load capacities. Since the distribution is done in an urban environment, the speed of all the vehicles is considered equal. Clients specify in which moment of the day their machines can be filled.

To solve this problem, a Heterogeneous Fleet Multi Depot Periodic Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows (HFMDPCVRPTW) is formulated. As this problem is NP-hard, the efficiency of two factors in the solution are considered:

- Formulation. Two root formulations are proposed: one with four indexes (4IF) which consider the usage of an arc each day for every vehicle individually. Another with three indexes (3IF) which do not consider explicitly which vehicle used the arc in the set of variables "x".
- Cuts. Valid cuts can be added to the problem prior to or during the branch-and-bound algorithm performance.

45: Improving Robustness Against Corrupted Data in Short-Term Electricity Demand Forecasting: An Optimization-based Multi-Linear Regression Approach

Aaron Casadiegos-Osorio, Kevin A Florez, Nicolas S Ramirez and Diego Mejia-Giraldo

The fact that the balance between supply and demand needs to be maintained in real time makes electricity an especial commodity. A satisfactory electricity demand forecast facilitates maintaining the generation-demand balance in real time given that operators can anticipate demand changes and schedule generation resources. As a result, short term electricity demand forecasting is of extreme importance for power system operation and management. Multiple electricity demand forecasting approaches have been proposed and tested; but, novel approaches focusing on the robustness of the forecasts against data corruption are highly required. Data inconsistencies can be the result of communication failures, typo errors, energy meters malfunctioning, etc.

This work proposes an optimization-based multi-linear regression model to forecast the short-term electricity demand. The proposed model considers the L1 norm of the hourly forecast errors. A set of linear models for each of the 24 hours was constructed. Given that electricity demand is highly correlated with recent demand observations, each hourly model is linked to the models of previous hours. The training process consists of solving a time-coupled linear programming model that cannot be solved as hourly independent linear programming problems. The hour t model is trained to forecast demand of hour t, and is fed by the outputs of the corresponding models of hours t-1, t-2, ..., 1. The demand time series is not actually learned by any of these hourly

models; rather, it is forecasted by the individual contributions of each hourly model. The L1 norm in the objective function does not penalize large errors as much as the L2 norm does, which makes the L1 norm models more robust against corrupted data.

The model was implemented in pyomo and tested with data publicly available from the 2017 Global Energy Forecasting Competition (GEFCOM). The dataset contains meteorological data like the dry-bulb temperature and the dewpoint temperature. The model also considers demand lags, calendar effects (weekdays, holidays, among others). In order to artificially emulate corrupted data, different percentages of demand data, chosen randomly, were drastically set to zero. The performance metric in the out-of-sample validation was the mean average percentage error (MAPE). In order to compare the performance of the proposed model, a set of benchmark models (L2 linear regression, generalized additive models (GAM), Poisson GAM, and inverse gaussian model) was also considered. Fig. 1 shows that MAPEs of the benchmark and the proposed model were below 4.8% in the base case (0% corrupted data.) However, the MAPE of benchmark models significantly increased as long as the percentage of corrupted data increased. Indeed, when 15% of data was corrupted, the smallest error of the benchmark models was 16.30%; however, the error of the proposed model was only 6.48%. In conclusion, the proposed model has shown that it can outperform traditional tools when corrupted data is present. As a result, it can be employed as an additional demand forecasting tool by engineers working at control rooms.

48: Modelo de programación por metas para la planeación de la producción en una microempresa de confecciones

Diego Leon Peña Orozco, Oriana Valentina Echeverri Ossa, Jaime Andrés Becerra Gómez and Andres Mauricio Paredes Rodriguez

Las pequeñas y medianas empresas en Colombia representan según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019), el 90% del tejido empresarial, aportando el 35% al Producto Interno Bruto (PIB) del país. Las condiciones de mercado exigen a estas empresas mejorar su competitividad a partir del mejoramiento de su productividad y la búsqueda constante de mejores rentabilidades, que les permita su permanencia en el tiempo. (Cardozo, 2012). La gran mayoría de estas empresas son de carácter familiar que cuentan con una débil estructura organizacional, debido principalmente a crecimientos no planeados. Este trabajo aborda el caso de una microempresa de confecciones que muestra fuertes debilidades de gestión que afectan la efectividad del proceso de la planeación de la producción, considerando las restricciones de recursos. Se trata de una microempresa que dispone de una línea de producción, que atiende la demanda de uniformes para los colegios de su área de influencia, con picos estacionales, que están vinculados a las fechas de ingreso a la actividad escolar. Las prendas con mayor demanda son Sudaderas, Camisas y Camibusos. La microempresa tiene problemas de cumplimiento oportuno de los pedidos, principalmente por la programación de la producción, la compra de materia prima, y los tiempos de producción no controlados, en las estaciones de trabajo definidas. En este sentido, se plantea la siguiente pregunta problema ¿Cómo un modelo de planeación de la producción permite administrar los recursos asociados a los costos de materia prima, satisfacción de la demanda e ingresos por ventas en una microempresa de Confecciones?

Se plantea una metodología de tres (3) fases para el desarrollo del trabajo. La primera fase, consiste en precisar los tiempos de operación relacionados con la confección de las tres prendas identificadas como críticas, mediante el desarrollo de un estudio de tiempos, el cual permite encontrar el tiempo estándar de operación, para cada referencia. La segunda fase, desarrolla un modelo de Balanceo de línea del tipo SALB-2 para minimizar el tiempo de ciclo, asignando las tareas a un número de estaciones fijas y balancear la línea de producción. La tercera y última fase, consiste en el desarrollo de un modelo de programación por metas, para apoyar la planeación de la producción en la microempresa de confecciones buscando dar cumplimiento a las capacidades presupuestales relacionadas con mano de obra, costos de materia prima, satisfacción de la demanda y los ingresos por ventas. Finalmente, los resultados obtenidos permitieron a la microempresa objeto de estudio, manejar con mayor claridad los recursos que deben asignarse para dar cumplimiento a los objetivos de ingresos planeados.

114: Decision making model for risk bridge management – application to Colombian bridge infrastructure

Esteban Prada, Nicolas Robayo, Andres Medaglia and Juan Francisco Correal

Bridge management systems (BMS) requires tools for decision making in order to prioritize the interventions investment in bridges and increase their overall performance over their lifespan. In Colombia, the bridges are subjected to multiple risks that may produce several damage or sudden collapses if an extreme event occurs. Therefore, it is important to properly assess a bridge risk and determine which bridges should be prioritize for reinforcement. This article presents a methodology implemented to help the decision making for bridge risk management in terms of the prioritization and planning of reinforcement activities. The methodology consists of a multi criteria optimization model based on several bridge performance indicators defined to establish its current condition state. This performance indicators includes aspects that includes risk under multiple natural hazards (Earthquake, landslides, scour, debris flow) and load carrying capacity. In addition, there is a set of generic retrofitting activities whose main objective is to reduce the risk of a bridge and increase the performance of a bridge. Finally, there are several decision profiles to give relative importance between the proposed performance criteria and risk metrics. The optimization model allows to prioritize the bridge intervention activities and gives a general budget to allocate resources for all the bridge network. Therefore, it is possible to reduce the overall risk in a bridge network while optimizing the available economic resources. The proposed methodology was tested in 94 bridges belonging to the Colombian bridge network in order to evaluate which bridges should be intervened based on the evaluated risks.

Programación estocástica, simulación, teoría de colas y procesos estocásticos

88: Modelo de simulación de eventos discretos aplicado a una estrategia de fijación de precios en una empresa comercializadora de cosméticos en el norte del Valle del Cauca

Juan J. Rojas-Reyes, Julián González-Velasco, María Alejandra Hernández-Hernández and Paula Yamile Riascos-Rodríguez

Introducción: De acuerdo con Mejía-Zapata (2018), el sector de cosméticos y aseo en Colombia se encuentra posicionado en la economía nacional, es líder en la región andina y es el quinto mercado en América Latina, también tiene una estabilidad y madurez suficiente que presenta crecimientos sostenidos a futuro. Según clasificación industrial internacional (CIU) el sector cosméticos y aseo comprende el comercio al por mayor y por menor de productos farmacéuticos, medicinales, cosméticos y de tocador. Adicionalmente el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), establece que este sector comprende productos como jabones, preparados para limpiar, perfumes y preparados de tocador.

Revisión de literatura: De acuerdo con Cuevas (2002), la fijación del precio de venta de los productos y de los servicios requiere analizar la relación entre la percepción de valor por parte del consumidor y las utilidades requeridas para que la compañía sea sostenible. Además, Boom et al. (2019), concluyen que la sostenibilidad del sector de cosméticos requiere una evaluación integrada sobre las dimensiones ambientales, sociales y económicas y sobre la calidad y el rendimiento del producto final. También, Marcellyna y Usman (2020), establecen que el estilo de vida, precios de venta y calidad del producto, tienen un efecto significativo en la decisión de comprar productos cosméticos.

Problema: El problema que se aborda es la fijación de precios para una empresa comercializadora de productos cosméticos a nivel regional localizada en el norte del Valle del Cauca, considerando factores relacionados con las decisiones de consumo en un mercado regional de 6 municipios para determinar la oferta dentro de un portafolio de productos de 5 familias de perfumes. Este problema es centrado en una microempresa que depende de la venta directa de productos, por lo cual se busca establecer precios que causen un impacto positivo en los consumidores para incrementar las ventas y promueva la sostenibilidad económica de la organización.

Metodología: Se propone un modelo de simulación discreta para analizar el comportamiento de los clientes relacionado con la decisión de compra de perfumes considerando factores como la frecuencia de compra, edad, género,

precio, tamaño de la presentación del producto, familia olfativa. Esto permite obtener medidas de rendimiento relacionadas con precios, proyecciones de ventas y abastecimiento de productos. El modelo fue programado en el lenguaje de programación Python y se alimenta con datos obtenidos en una encuesta de mercado realizada en el mercado objetivo.

Resultados/ Conclusiones: Se realiza un diseño experimental considerando los factores, de tamaño de la presentación del producto y precio de venta. Los resultados permiten establecer la prioridad y precio de los productos dentro de la región de acuerdo con los ingresos totales mensuales.

Futuras investigaciones: se sugiere ampliar la zona de influencia del mercado, la cantidad de familias olfativas y otros productos. También se sugiere ampliar el estudio considerando la influencia de la competencia en el sector y la actualización de factores que influyen en la compra del producto.

101: Design of battery swapping-based charging stations for a hybrid motorcycles fleet with discrete event simulation

Alejandro Uribe, Mauricio Fernandez, Jhon Vargas and Alejandro Montoya

Electric Vehicles (EVs) emerge as a solution to environmental problems in the transportation sector. With the use of the EV, the demand for the construction of charging stations increases, and energy management challenges arise. Battery swapping-based charging stations have proven to be useful for fleets of EVs and motorcycles by decreasing charging times, as well as for the implementation of energy management models and for the integration of renewable energy sources. To propose energy management solutions and design battery swapping-based charging stations, it is necessary to know the behavior of the vehicles that will be subscribed to the swap model and their energy demand, however, there is a limited amount of data available for this purpose. The ENERGETICA 2030 program is developing hybridization kits for low cylinder capacity motorcycles and charging stations with photovoltaic generation and energy storage systems. Therefore, within the framework of the project, this research proposes a method to simulate the behavior and energy demand of a fleet of hybrid motorcycles for delivery in a battery swapping model for a case study for the city of Medellín, Colombia. Through the connection to the OpenStreetMap API, the speed and slope profile information of a set of selected routes are queried. Then, this information is passed to a dynamic model for hybrid motorcycles that allows estimating the consumption of each trip. Each motorcycle has five Operating States (OS) that depend on the State of Charge (SoC) of the battery and the consumption, which has been estimated in the previous step. By means of a discrete event simulation, the OS of the motorcycles and the batteries in the charging station can be evaluated at any time. The model parameters correspond to the number of motorcycles, number of charging slots, and batteries in the station. After each run, charging demand, average station waiting times, and battery charging cycles can be obtained. These results serve as input for strategic charging decision models which minimize operating costs. In addition, they allow the designer to size a battery swapping-based charging station ensuring an average waiting time established to satisfy the users' needs and achieving a cost-effective battery cycle count and usage along its lifespan. Future work will consider the implementation of a battery swapping in a charging station to test the best configurations obtained.

108: Precipitation scenario generation based on time series modeling and the backward scenario reduction strategy

Juan Marquez, Leonardo Hernan Talero Sarmiento and Henry Lamos Diaz

Agriculture is one of the leading economic activities worldwide and is sensitive to factors such as prices, productive resources, and climatic events. Climatic factors denote an uncontrollable phenomenon that generates uncertainty in decision-making and increases the risk in agricultural production, generating losses regarding improper available resource uses. Precipitation is a critical factor considering it affects the use of scarce resources worldwide, such as water, and impacts supporting and improving agricultural production. Thus, uncertain parameter modeling is relevant in developing optimization plans based on Stochastic Optimization. This strategy relates to the optimal use of resources regarding parameter uncertainty modeling through historical data, using scenario trees to represent different parameter trajectories. Therefore, the Path-based modeling and the backward reduction strategies represent proper techniques to provide an adequate parameter scenario tree. The Path-based technique

provides a model representing the data behavior and allows scenario generation with the same probability. On the other hand, the backward scenario reduction supports reducing (i.e., clustering or bucketing) the scenario fan and getting the most likely scenarios. Therefore, this study addresses an illustrative example regarding the precipitation scenario generation to support agricultural production decisions based on a three-stage strategy: (i) Time-series modeling based on statistical and machine learning. (ii) Scenarios set generations through forecasting and simulation. (iii) Scenario set reduction using the Kantorovich distance function. This strategy allows producing a set of reduced scenarios that represent the main future trends of the parameter, which reduces the uncertainty of the parameter, reduces the risk associated with the inappropriate use of resources by defining a fixed value, and supports good agricultural production decisions through Stochastic Optimization approaches.

Aplicaciones de inteligencia artificial para toma de decisiones

6: Modelo del crecimiento del parque automotor en la ciudad de Medellín, a partir de la implementación de políticas públicas para la gestión de la demanda basadas en la restricción por uso de placa y la chatarrización

José Alejandro Zapata Celis

El aumento del parque automotor en zonas altamente densificadas y con una malla vial limitada, se convirtió en un reto para las principales ciudades del mundo, que han visto como con el crecimiento demográfico y económico de las últimas décadas se ha generado un incremento gradual en la congestión en sus vías y los tiempos de viaje de sus habitantes, que afectan directamente su productividad y calidad de vida. Para contrarrestar estos impactos, los gobiernos han implementado Medidas de Gestión de la Demanda (TDM, por sus siglas en inglés) que restringen la circulación de vehículos particulares, como una estrategia para disminuir la congestión vehicular, desestimulando su adquisición y promoviendo el uso del transporte público. Sin embargo, por sus características coercitivas la efectividad de estas medidas para desincentivar la adquisición de vehículos particulares y su real efecto a largo plazo en el control del crecimiento del parque automotor ha sido duramente cuestionada. La investigación presenta una revisión de la literatura y de las metodologías científicas recientemente utilizadas para estimar las variaciones en el crecimiento del parque automotor, la identificación de las variables necesarias para estimar dichas variaciones en el municipio de Medellín con las bases de datos disponibles y la metodología bajo el protocolo Overview, Design concepts and Details (ODD, Por sus siglas en inglés) para modelos basados en agentes que permiten generar escenarios de simulación a partir de variables heterogéneas, con una escala temporal graduada y una interacción geoespacial definida, estableciendo así escenarios de proyección a mediano y largo plazo del parque automotor, con base en la implementación de políticas públicas para la gestión de la demanda como la restricción por uso de placa y la chatarrización, que permiten evaluar la relación entre la antigüedad permitida para la circulación de vehículos sobre la malla vial, el crecimiento demográfico y el aumento tendencial de nuevo parque automotor.

8: Comparison of Visual Attractiveness Metrics and Data-Driven Machine Learning Method to Predict Delivery Route Sequences

Juan Pablo Mesa López, Mauricio Toro, Alejandro Montoya and Raúl Ramos-Pollán

On last-mile delivery operations, real-life execution of routes often differs from the computed routing plan. We consider the problem of planning vehicle routes that drivers would likely accept and follow. In this work, we compare two routing approaches. One approach uses routing heuristics which consider visual attractiveness metrics proposed in the literature. The other approach uses machine learning methods that extract information from historical routes and incorporate this information into route planning heuristics. We compare these approaches in a context of single-vehicle last-mile parcels delivery problem. The comparison results show the effectiveness and better performance of using available historical routes information to predict route sequences over the use of visual attractiveness metrics within the context of the evaluated problem.

21: Predicción de las cancelaciones de reservas en el sector Hotelero: Caso Hotel Cienaga, Magdalena, Colombia

Cesar Andres Lopez Martinez and Ludvin Eduardo Rueda Rincon

Una de las dificultades que se presentan a diario en los hoteles, radica que en ocasiones los huéspedes reservan y no se presentan al hotel (no-shows). Los hoteleros hacen uso del concepto de "Sobre Reservar" las habitaciones u Overbooking para controlar los efectos negativos de lo anteriormente descrito. Esto es simplemente, la confirmación de más habitaciones que la capacidad disponible del hotel. De esta forma, se anticipan a las cancelaciones que podrían realizarse, significa que, en lugar de dejar escapar a un cliente potencial cuando el hotel está sin capacidad, se le sigue ofreciendo una habitación para que, si otro cliente no se presenta, no quede esa habitación libre. Esto ayuda a garantizar que se alcance el máximo volumen en ingresos y ocupación en el hotel.

Al realizar esta práctica sin ningún control, se pueden incurrir en distintas ineficiencias. El caso más llamativo es cuando llegan dos clientes a los cuales se les ha ofrecido la misma habitación, en este punto, las directivas optan por incurrir en costos adicionales para la reubicación del cliente en otro hotel, además de una compensación para no disminuir su nivel de servicio, o, por el contrario, en el caso más extremo, se asume la pérdida del cliente, dañando así su credibilidad.

En este punto, es de vital importancia que los hoteleros tengan un nivel de certeza en saber si un cliente cancelará o no cancelará su reserva. Para tal fin, se propone implementar técnicas de Aprendizaje Automático o Machine Learning. Este trabajo, buscó encontrar un algoritmo de clasificación que permitiera determinar con alto nivel de certeza si un cliente cancelará o no su reserva. Para tal fin se compararon diferentes algoritmos de clasificación tales como: Árboles de decisión, Clasificador Bayesiano, Bosques Aleatorios, K means y Máquina de soporte vectorial. Se utilizaron métodos Smote y Adasyn para balancear la base de datos original, puesto que, en esta, la clase de Cancelaciones se presentaba en menor proporción. La métrica para comparar los modelos fue el indicador F1. Bajo este enfoque, se concluye que los métodos de balanceo utilizados, mejoran la capacidad predictiva de los modelos. El algoritmo máquina de soporte vectorial con kernel radial, fue el que mejor rendimiento obtuvo, teniendo un alto grado de predicción en la clase Cancelaciones y reduciendo los falsos positivos.

69: Credit Scoring Model for an Employee Fund in Colombia

Kathleen Salazar Serna, Isabel García and Edgar Varcacel

Credit scoring models are relevant for financial institutions. The purpose of the models is to evaluate the credit risk of loan applications. Namely, it reduces the losses associated with wrong decisions about loan granting and customer management. Regulatory institutions in Colombia demand the implementation of a Credit Risk Management System that provides entities with a legislative and technical framework to make better decisions regarding this matter. Nevertheless, organizations such as employee funds, often have difficulties with the application of these regulations, as they do not belong to the financial sector, despite offering financial solutions to their associates. The main of this work is to benchmark different methods for building scoring models using artificial intelligence to provide valuable information to define a credit risk scoring model for an employee fund. By using a set of nine machine learning algorithms and statistical analyses, our model looks for a higher accuracy than other models to predict the non-payment risk of a loan and determine the exposure to risk. Both quantitative and qualitative variables are analyzed in available datasets in order to select the model's outputs. Hyper-parameters optimization, which leads to the lowest error on the validation set, is run for the algorithms which obtained the best training indicators. Results showed that the support vector machine was the most effective model in terms of predictive capacity, time efficiency, and the possibility of understanding the model. Consequently, hyper-parameters optimization improves the performance of classification systems and impacts positively on financial data classification and risk analysis.

86: Brand positioning analysis for the automotive lubricants industry using perceptual maps

Juan S. Gil, Juan D. González, Julián D. González, Nicolás Rodríguez, Edward S. Rojas, Juan D. Román, Karen D. Santana and Andrés F. Martínez
A positioning analysis was performed to 8 different brands of automotive lubricants in Colombia. For the analysis, information was collected on the

perception that the interviewees (managers of automotive lubricant sales points) had about 13 characteristics of the brands along with their perception about what they considered to be an ideal brand. From the information, graphic tools known as perceptual maps were produced, allowing us to identify the best perceived attributes of the brands, their similarities and differences with the ideal brand and the brands that compete with each other. Features such as warranty, product availability, discounts, and a focus on heavy-duty products are associated with an ideal brand, while attributes related to product quality and performance are associated with traditional brands in the market.

121: Satellite Location for Two-Echelon Urban Parcel Distribution Systems

Angie Ramirez-Villamil, Jairo R. Montoya-Torres and Juan Manuel Cuevas-Torres

This paper studies the two-echelon vehicle routing problem arising in urban parcel delivery. This is a very complex problem from the computational point of view, in which vehicles must be routed from a central depot to a set of hubs or satellites (first echelon), and then from these satellites to a set of geographically dispersed clients (second echelon). Most of works in the literature have focused on solving the vehicle routing part considering that the location of satellites is known in advance. In this paper, we instead study the satellite location problem. Several Facility Location models can be applied to solve this problem, depending on the characteristics and objectives of the satellite location problem. Most classical approaches are based on classical discrete mathematical modeling which allow to determine the best location of satellites and the corresponding allocation of clients. Other techniques employ clustering algorithms especially when a very large number of points is considered. To the best of our knowledge, the literature has not yet compared these two location approaches. The goal of the current study is to fill this gap by comparing mathematical approaches with a k-means clustering algorithm as it applies to the satellite location problem for the design of a two-echelon urban distribution network. An exemplary case study is used to numerically evaluate the approaches. Computational results provide useful insights about the benefits and limitation of either approaches.

Aplicaciones de IO en sistemas de salud

1: A Queuing Network Approach for Capacity Planning and Patient Scheduling: A Case Study for the COVID-19 Vaccination Process in Colombia

Carlos Franco, Nilson Herazo-Padilla and Jaime-Andrés Castañeda

We consider the problem of patient scheduling and capacity planning for a COVID-19 vaccination process during the pandemic. The modeling approach is based on non-linear mathematical models that represent the dynamics of an open Jackson Network and a Generalized Queuing Network. We use a three-step COVID-19 vaccination process observed in a healthcare provider in Bogotá, Colombia, as the base case of our modeling approach. To test the models, we propose three objective functions and analyze different configurations of the process that correspond to various levels of relevant model parameters. To assess the computational performance of the models, we also experiment with larger instances in terms of number of process steps and number of patients. The computational results show how the objective functions and parameters such as the minimum percentage of patients served and the maximum utilization and patient waiting time allowed per step impact the configuration of the process. The proposed approach can support the decision-making process in vaccination centers, allowing them to efficiently assign human and material resources to maximize the number of patients vaccinated while ensuring reasonable number of patients in queue, patient waiting times in queues and server utilization rates, which in turn are key to avoid overcrowding and reduce the risk of infections.

15: Modelos de simulación y optimización como soporte a la toma de decisiones durante la pandemia

Andrés Felipe Osorio Muriel

La pandemia de COVID 19 ha afectado considerablemente la forma como vivimos e interactuamos. En Colombia esta enfermedad ha dejado más de 140000 víctimas mortales y un mas de 6 millones de personas

diagnosticadas. En los picos de contagio de la enfermedad, las regiones y sistemas hospitalarios se han visto colapsados requiriendo evaluar decisiones tales como transferencia de pacientes a otras regiones y ampliación de capacidad. El Valle del Cauca cuenta con 42 municipios de los cuales solo 6 tienen disponibilidad de salas de cuidados intensivos, esto hace que las decisiones de capacidad y asignación sean considerablemente complejas. En este trabajo se desarrollaron modelos de simulación para predecir los niveles de ocupación y apoyar decisiones de asignación de la capacidad total de unidades de cuidados intensivos asignadas a pacientes COVID19. De igual forma se formuló un modelo de optimización para apoyar decisiones de transferencia de pacientes dentro del valle del cauca. Estas metodologías pueden ser usadas de forma independiente o de forma integrada para soportar diferentes tipos y niveles de decisión. Ambas herramientas fueron integradas en un sistema de información disponible para entidades gubernamentales en conjunto con otros modelos que hacen parte del mismo proyecto. Los experimentos computacionales muestran que el uso de las metodologías propuestas mejora considerablemente el proceso de toma de decisiones evitando muertes por espera de unidades de cuidados intensivos y permite una asignación mas balanceada de la capacidad en los sistemas hospitalarios.

31: Implementación de un modelo de aprendizaje estadístico para la predicción de tiempos quirúrgicos en servicios de salud de alta complejidad

Valery F. Quiroga-Pedroza, Alma Karina Rodríguez Quintero, David Barrera Ferro, Juan G. Villegas and Paula Andrea Velasquez Restrepo

En este trabajo se estudia la predicción del tiempo quirúrgico en un hospital de alta complejidad ubicado en Medellín, Colombia. Este hospital realiza aproximadamente 1100 cirugías al mes. Actualmente, la planificación del personal y la programación de sus quirófanos se realiza utilizando tiempos basados en la experiencia de los cirujanos, anestesistas y el programador de cirugías. Sin embargo, los grandes errores de previsión han generado algunos problemas. Por un lado, cuando una intervención quirúrgica tarda más de lo previsto, es posible que haya que aplazar o incluso cancelar las siguientes intervenciones quirúrgicas. Por otro lado, cuando el tiempo real es menor, se generan tiempos muertos. Por ejemplo, entre 2020 y 2021, el 9,1% de las cirugías canceladas se debieron a fallos en la estimación del tiempo.

52: A Simulation approach to analyze the operational response plans in an emergency department under the COVID-19 pandemic

David Mora-Meza, Julián Alberto Espejo-Díaz and William Guerrero

Emergency departments in hospitals are a crucial part of the healthcare systems around the world. They provide emergency medical services to patients who need urgent treatments. Due to the multiple sources of variability and uncertainty in their operations, they are considered complex systems. In addition, since the emergent of COVID-19, hospitals have adapted their operations to decrease the contact between patients and medical staff to minimize the infection rate. In this work, we study the operations of an emergency department which made changes in its processes as a strategy to face the COVID-19 pandemic. The changes include the incorporation of a new area for respiratory patients, reallocating resources, and the modification of the patients' journey in the emergency department. We propose a discrete event simulation approach to represent the operations before and after the changes in the emergency department services. The proposal was developed with collaboration of the emergency department managers and validated using the performance measures before the start of the COVID-19 pandemic. The main computational results show that the changes in the emergency department were effective to distribute the limited resources and limit the medical staff and non-respiratory patients' exposure to suspected COVID-19 patients. However, in a post-COVID-19 scenario, such differentiation is no longer effective when the percentage of respiratory patients is less than 30%, since it increases the patients' wait times, mainly for the non-urgent patients classified with less critical triage.

73: An integrative framework for sustainable hospital supply chain management

Verónica Duque Uribe, William Sarache and Elena Valentina Gutiérrez

Hospital supply chains face several economic, environmental, and social challenges. From the economic perspective, increasing healthcare expenditures demand greater efficiency in the delivery of services.

Regarding the environmental dimension, hospital processes and services are intensive in terms of material, energy, and water consumption, generating significant amounts of waste. From the internal perspective of the social dimension, non-standard forms of employment are frequent, pay levels have decreased in comparison to other economic sectors, women are compensated worse and recognized less often than men, daily working hours exceed legal limits, and safety considerations are often neglected. In this context, hospitals pursuing more sustainable supply chains need to identify practices that contribute to better sustainable performance. In this work, we present an integrative framework that provides a taxonomy to identify sustainable supply chain management (SSCM) practices in hospitals and their impact on the economic, environmental, and social dimensions. Based on the framework, a structured survey was designed and applied to 210 hospitals of 27 states in Colombia. A structural equations model was implemented to analyze the influence of SSCM practices in the hospital's sustainable performance. Results show that green operations have a positive effect on the environmental performance, as well as equity management and social purchasing on the social performance. Empirical evidence also shows the influence of social performance on the economic dimension, despite the weak relation between the environmental practices with the social and economic dimensions. These results also provide useful information for construct validity, and they contribute to the analysis of causal relationships between SSCM practices and sustainable performance, considering moderating variables such as hospital size, hospital type, and service complexity.

111: Ambulance location and allocation considering uncertainty in demand: A case in Bogotá

Carlos Eduardo Montoya Casas, Ricardo Fernando Otero-Caiced, Natalia Álvarez Uribe, Raúl Fernando Guzmán Cárdenas, Edward Mauricio Llanos Díaz, Alexandra Cabanzo Moisés.

Widespread coverage and reduced response time in Emergency Medical Service Systems are vital factors that can be solved by an adequate location and allocation of ambulances. This guarantees that prehospital health care services improve along with the patients' survival rates. The approach includes the development of a mixed-integer program and genetic algorithm to solve the location and allocation problem. This is a problem that occurs in a constantly changing environment and for this reason, uncertainty in emergency demand will be acknowledged in the approach proposed. This study proposes a decision support application to locate and allocate ambulances, based on a simulation-optimization approach to obtain robust solutions. The study validates the proposed technique by conducting an experimental protocol on real cases in Bogotá, Colombia. The deterministic version of the problem was developed with a mixed-integer program and a genetic algorithm, where the genetic algorithm demonstrated its great performance and presented favorable execution times. For the stochastic version of the problem a simheuristic was implemented and evaluated in the case study.

116: Home Health Care Routing and Scheduling Problem: A Preventive approach

Carlos Eduardo Montoya Casa, Ana María Bautista Franco, Manuel Esteban Rincón Mendieta, Diana Lorena Vélez Rusinque, Rebeca Villanueva Gómez, Oscar David Barrera Ferro.

Due to several challenges in hospital service caused by the increasing demand for hospitalization, Home Health Care Service (HHCS) has become the best alternative for hospitals to provide a delivery service system that allows patients to be cared at their place of residence. The HHCS offers benefits because it helps hospitals to reduce costs, prevent contagious infections and give some emotional and psychological benefits to the patients. In this paper, a tactical and operational solution is proposed to the Home Health Care Routing and Scheduling Problem (HHCRSP) applied in the study case presented by a health provider institute (HPI). HPI manually defines the daily routes and builds the monthly staffing and workforce scheduling based on the HPI planner's experience. This causes additional workload and human errors in routing assignments, staffing and demand forecasting. This paper integrates a single-objective Mixed Integer Linear Programming (MILP) model to tackle the monthly staffing and scheduling decisions, and a multi-objective MILP model to the scheduling and routing

problem. The aim is to minimize the tactical costs associated with doctor's hiring and monthly assignment, and to minimize the operative costs and the gap differences between the maximum and minimum workload of the doctor's routes assignment. Due to the high computation times of the routing MILP, a Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA II) metaheuristic is applied, and its effectiveness is evaluated in comparison with a ϵ -constraints method. In addition, this paper also proposes a solution approach for the stochastic version of the staffing and workforce scheduling a problem and the daily routing problem. The methodology to deal with the stochastic parameters (number of patients to be attended and travelling times) is based on a sim-heuristic that hybridizes the NSGA II with Monte Carlo Simulation. These methodologies and the MLPI's proposed are tested on a set of instances and their efficiencies are compared to measure their performance. Obtained results show significant improvement in certain performance indicators such as total costs and workload balance with the proposed solution approach in comparison to the current methodology used by the health provider planner to define daily workforce schedules and attention routes.

119: Caracterización de la ruta de atención de paciente quirúrgico mediante herramientas de manufactura esbelta y simulación computacional

Laura Escobar-Rodriguez, Leonardo H Talero-Sarmiento and Fabio Leonardo Gomez-Avila

El objetivo de desarrollo sostenible ODS3 se enfoca en atender las necesidades de la salud y bienestar de las personas, en ese sentido, en Colombia las políticas nacionales, departamentales y municipales plantean contar con sistemas de salud que funcionen con calidad y eficiencia. Dentro de los procesos de atención en una clínica se destaca la cirugía, ésta es una disciplina médica orientada a la acción y es de suma importancia para la resolución oportuna de diferentes patologías quirúrgicas que, dependiendo de su gravedad, necesitarán distintos tipos y tiempos de intervención. Adicionalmente, este proceso suele ser de alta complejidad debido no sólo a la cantidad de interesados y actividades interrelacionadas entre sí, sino depende de los requerimientos de urgencia de cada individuo, lo que dificulta poder determinar indicadores de desempeño en la atención del paciente quirúrgico. Considerando lo anterior, en la presente investigación se propone analizar el estado actual de los procesos asociados a la ruta de atención de paciente quirúrgico (cirugía general y cirugía oftalmológica) en una institución prestadora de servicios de salud de Bucaramanga, Santander con el fin de formular estrategias de mejoramiento que generen un impacto positivo en los indicadores de seguimiento y, que de igual forma, esas mejoras se reflejen en la calidad del servicio prestado a la población. Para ello, se plantea una metodología para estimar los indicadores de desempeño haciendo uso de métodos mixtos para la descripción del sistema mediante herramientas de manufactura esbelta, simulación computacional, y pensamiento de diseño. Como resultados preliminares, se establecieron 32 diferentes rutas de atención: 14 en cirugía general, 12 en cirugía oftalmológica y 6 en cirugía oftalmológica de urgencias. Se desarrollaron modelos computacionales en el software de simulación FlexSim para estimar el desempeño de cada una de las rutas incorporando datos pseudoaleatorios generados a partir de actividades de co-creación. En futuros trabajos, estos resultados servirán de línea base para medir la mejora en la eficiencia de las rutas a partir del rediseño de procesos.

IO en Gestión de Operaciones y sistemas de producción

41: Multi-skilled workforce scheduling with training and welfare considerations

Diana Peña, Andres Felipe Osorio, Juan Pablo Orejuela and Juan Camilo Idarraga

La flexibilidad en la asignación de la fuerza laboral en los servicios es necesaria para reducir el impacto de la incertidumbre de la demanda, el ausentismo y la deserción, manteniendo altos niveles de servicio. En este trabajo, se estudia el problema de la asignación de personal, incluyendo la acumulación de múltiples habilidades, el entrenamiento y el bienestar, así como la flexibilidad tanto para los empleados como para la empresa. Todos estos elementos se modelan e incluyen en un modelo de programación lineal

entera mixta (MILP por sus siglas en inglés) que maximiza el nivel de habilidad acumulado por el personal al final del periodo de planeación. Se utiliza un caso de estudio real basado en la asignación de auxiliares de laboratorio a las prácticas de laboratorio en una universidad de Colombia para generar experimentos numéricos. Se llevaron a cabo 3 experimentos, en el primero se explora la relación entre el número de auxiliares de laboratorio y el nivel mínimo de habilidad alcanzado en la última práctica. El segundo experimento está orientado a que todos los auxiliares de laboratorio puedan desarrollar cualquier práctica de laboratorio, lo que permite explorar el número mínimo de auxiliares necesarios para atender la instancia actual en el supuesto de que todos ellos cumplan con los requisitos de habilidad para todas las prácticas. Por último, en el tercer experimento se estudian varias funciones objetivo mientras se logra un nivel mínimo de habilidad, estas funciones estudiadas son: minimizar el número de auxiliares asignados, minimizar el número total de asignaciones y minimizar una función objetivo ponderada que considera tanto el número de auxiliares de laboratorio como el número de asignaciones. En cuanto a los resultados, estos muestran que el nivel de habilidad alcanzado es muy sensible al número de auxiliares y al número de asignaciones. Los experimentos también mostraron que la asignación de prácticas se flexibiliza si los auxiliares de laboratorio tienen mayores niveles de habilidad y habilidades diferentes. Por otro lado, se identifica que cuantos más asistentes de laboratorio estén disponibles, menor nivel de habilidad se logra para un número definido de prácticas, y que, para alcanzar niveles más altos de habilidades, se requiere mayores niveles de entrenamiento, por lo tanto, obtener altos niveles de habilidad es costoso. Finalmente, el modelo propuesto es capaz de generar horarios para lograr altos niveles de habilidades y cumplir con las diferentes restricciones del modelo, incluyendo equilibrio, acumulación, demanda y bienestar.

84: Modelo transdisciplinar de productividad a partir de variables exactas, sociales y humanas

Gisela Monsalve

Se presentan resultados de una investigación sobre la productividad organizacional con la incidencia de múltiples factores originados en el elemento transdisciplina de la complejidad. La transdisciplina es el fundamento innovador e integrador de variables propias de las ciencias exactas, sociales y humanas que derivan en una nueva forma de pensar, medir y seguir la productividad. Este conocimiento es el efecto de anteriores trabajos de investigación científica aplicada.

El análisis cuantitativo y bibliométrico es fuente en la definición de elementos que, desde las ciencias exactas y la complejidad influyen en la medición de la productividad de las empresas; este, ayuda a determinar las variables a incluir en el modelo, siendo insumo para diseñar los instrumentos técnicos de indagación a profesionales de áreas blandas, empresarios, empleados de alto rango del área de producción, investigadores y egresados de ingeniería industrial y afines, con el objetivo de obtener categorías diferenciadas en relevancia, pertinencia y valor para el conglomerado de variables.

Cada categoría contiene variables calificadas como favorables o limitantes, las cuales se integran en la formulación del modelo identificando las dimensiones que lo componen. La transdisciplina proviene de disciplinas tradicionales que se conjugan con otras menos convencionales que afloran en la sociedad, otorgándole al modelo la característica de integralidad en intervalos continuos, alcanzando cobertura total de los elementos. Es un modelo complejo porque concentra diversos postulados evitando caer en la linealidad rigurosa de las ciencias exactas, tratando de hacer converger una multiplicidad de opciones.

Los resultados de la investigación indican que existen factores blandos individuales o grupales, variables exactas asociadas a los recursos organizacionales y parámetros asociados al Gobierno, que afectan en diferentes niveles el escalar de la productividad; además, que el proceso de triangulación permite la clusterización asociativa de las variables por afinidad e importancia.

Varios métodos de validación realizados permiten afirmar que el modelo es necesario porque devela aspectos de la realidad que deben medirse en el desempeño organizacional; el establecimiento de protocolos de formulación, desarrollo e implementación es fundamental para predecir su laboratorio funcionamiento, así como es esencial la cooperación con técnicas existentes, para la medición; es decir, no se excluyen por el contrario se complementan.

La implementación parcial del modelo se realiza en una empresa del sector metalmecánico a partir del contraste de resultados entre el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para el nivel de producción por operario y por maquinaria versus un modelo cualitativo de valoración del personal operativo. La aplicación de los modelos DEA y valorativo, arroja valores que admiten concluir que una organización puede conjugar datos e información en un modelo transdisciplinar para la medición de la productividad; no obstante, los experimentos se aplican por separado; razón por la cual se hace necesario modelar matemáticamente las variables sometidas a simulaciones que incluyan factores de suavización a la subjetividad presente, para posteriormente realizar el desarrollo del software y la implementación del modelo en el sector industrial, de acuerdo con los procedimientos ya definidos en la investigación.

92: Modelo de simulación de eventos discretos para la programación de mantenimiento en el área de empaque de un ingenio azucarero en el Valle del Cauca

Juan J. Rojas-Reyes, Stephany Londoño-Muñoz and Angy Tatiana Jaramillo-Pérez

Introducción: El mantenimiento puede ser entendido como el conjunto de actividades requeridas para mantener la operatividad de los equipos garantizando su disponibilidad y alargando su vida útil (Gutiérrez, 2009). Además, la programación del mantenimiento y la producción están correlacionadas, debido a que ambas ocupan la capacidad de la máquina, por una parte, la producción agota su fiabilidad mientras que el mantenimiento la restaura. Por este motivo, la programación del mantenimiento es una actividad clave para equilibrar la utilización y la disponibilidad de los recursos del sistema productivo (Wang y Liu, 2014).

Revisión de literatura: Cui et al. (2018), proponen un modelo para optimizar la programación de la producción y del mantenimiento en sistemas Flow Shop con incertidumbre de fallas. Por otra parte, Chen et al. (2020) establecen que la programación del mantenimiento ayuda a aumentar la eficiencia de la producción y la calidad del producto final. Adicionalmente, Golbasi y Turan (2020) establecen que las políticas de mantenimiento influyen en la disponibilidad de equipos y en los costos de operación de los sistemas de producción y mediante un algoritmo de simulación discreta, evalúan y comparan múltiples escenarios de mantenimiento en un sistema de producción.

Problema: Se aborda una problemática en un sistema de empaque de azúcar en un ingenio localizado en el Valle del Cauca, el cual está compuesto por 8 máquinas que operan en durante 24 horas en un horizonte de 8 meses. El sistema es altamente reactivo y durante el último periodo productivo se presentaron fallas mecánicas, eléctricas e instrumentación que interrumpieron la producción durante 4.011 horas. Esto genera la pregunta de investigación ¿De qué forma se puede programar el mantenimiento preventivo en el área de empaque para mejorar la disponibilidad de los equipos?

Metodología: Se propone desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos implementado en el lenguaje de programación Python con el fin de analizar el comportamiento de la disponibilidad de los equipos en el área de empaque. El modelo utiliza datos históricos de la empresa para simular el comportamiento de las fallas de las máquinas mediante un horizonte de tiempo definido, de tal forma que se obtengan indicadores de tiempo entre fallas y tiempo de reparaciones. Posteriormente se realizan experimentos para minimizar el tiempo entre fallas por medio de políticas preventivas y oportunistas para programar las intervenciones de mantenimientos.

Resultados/ Conclusiones: Se logra establecer la frecuencia del mantenimiento preventivo por cada tipo de trabajo en cada una de las máquinas que componen el sistema, además, se plantean reglas de decisión respecto al mantenimiento oportunista, las cuales aprovechan el tiempo en que se detiene la producción por causas externas para adelantar determinadas actividades de mantenimiento preventivo.

Futuras investigaciones: Se recomienda extender el modelo para analizar causas externas que afectan al sistema de producción. También es importante considerar la programación de personal especializado de mantenimiento y las diferencias de tiempo de reparación de acuerdo con los diferentes equipos de personas que realizan las actividades.

104: Comparison of Nawaz-Enscore-Ham Algorithm and Local Search Operator in Flowshop Scheduling with Learning Effects

Yenny Alexandra Paredes-Astudillo, Jairo Rafael Montoya-Torres and Valérie Botta-Genoulaz

Attention to scheduling problems with learning effect has increased, since the factors that influence productivity of manual tasks are being considered recently. The flowshop system is one of the most frequent configurations of hand-intensive production systems; it belongs to the class of NP-hard combinatorial optimization problems. Thus, this article develops an algorithm to resolve the flowshop scheduling problem with learning effect with makespan minimization. Four models for calculating the learning effect referred to in the literature are considered (according to the position and the sum of the processing times). This paper proposes the Nawaz-Enscore-Ham Algorithm (NEH) with two local search operators. This algorithm is tested through computer experiments.

112: Client forecasting and workforce scheduling for solving a human resource planning problem in customer service department in a retail store

Carlos Eduardo Montoya Casas, Ricardo Fernando Otero-Caicedo, Javier López Ovalle, Matilda Duque Muñoz, Jorge Eduardo Enciso Agudel

This study is based on a retail sales company, where currently the number of employees in its service area is not enough to look after of all the customers who have complaints and grievances. The problem at hand can be related to a static, homogeneous, single-skill, and legal constraints scheduling problem that includes demand uncertainty. The demand forecast model currently implemented is not taking into account certain business events presented during the year and the workforce planning and scheduling is done manually. Therefore, this paper proposes the following procedures. Firstly, a SARIMAX model to forecast the number of client arrivals using an exogenous variable that explains the special events of a retail store, and then convert it to number of servers required to satisfy a demand and a maximum queued time through a multi-server queue model (m/m/k). Secondly, a scheduling strategy that includes decisions and constraints that are often omitted from personnel scheduling problems, such as scheduling breaks. Also, precedence constraints are implemented using an optimization-simulation approach, which is divided into two stages: a simulation using a mathematical program and then a metaheuristic algorithm (sim-heuristic). Ultimately, obtaining an improvement of 89,54% without budget constraint and 15,37% with budget constraint from the company's solution.

IO en Logística Humanitaria

3: Clasificación de la red de ciudades cómo vamos en Colombia: una aplicación del análisis envolvente de datos DEA

Julio Ernesto Camargo Bejarano

En esta investigación se presentan los resultados obtenidos del estudio conducente a analizar y clasificar 11 ciudades capitales colombianas pertenecientes a la red de ciudades cómo vamos RCCV con análisis envolvente de datos DEA; que define una frontera eficiente donde se ubican las ciudades más eficientes a través de la combinación de 16 variables propuestas como inputs y outputs. Como complemento a los indicadores de la RCCV, el análisis envolvente de datos DEA establece una clasificación o ranking global de las ciudades participantes de la RCCV en los años 2017 y 2018 considerando los modelos de supereficiencia Super CCR – I y el índice de Malmquist, permitiendo evaluar las ciudades más eficientes y las ineficientes, de tal manera que estas últimas logren tener una mejor gestión de sus entidades responsables para lograr acercarlas a la frontera de eficiencia. Como resultados de la clasificación con DEA se encontró que las ciudades más eficientes fueron Pereira en el 2017 y Bogotá en el 2018, y que la ciudad más ineficiente en ambos años fue la ciudad de Armenia. Adicionalmente, se estimó la evolución de la eficiencia en el tiempo mediante el índice de Malmquist (Modelo Malmquist Radial – I - C), identificando las ciudades que aumentan su índice de eficiencia y las que no lo hicieron durante el periodo de tiempo estudiado. Como resultado se obtuvo que las ciudades que más aumentaron su eficiencia fueron Medellín y Bucaramanga; Pereira fue la única ciudad que desmejoró su productividad. Al final se recomienda el análisis envolvente de datos DEA como una

metodología objetiva para evaluar los resultados y ayudar a tomar mejores decisiones en la planeación y gestión de las entidades públicas.

17: Propuesta de un modelo de programación matemática para la localización de albergues temporales ante eventos de desastre. Caso de estudio: Roldanillo, Valle del Cauca, Colombia

Paola Andrea Guerra Ospina, Valentina Montoya Calleja, Maria de Los Angeles Ruiz Aguirre and Carlos Alberto Rojas Trejos

Los desastres naturales a nivel mundial son una interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad (UNIDRS, 2009). Estas situaciones imprevistas representan serias amenazas para la salud pública y esto pone en peligro la vida de una cantidad significativa de personas, por lo cual se debe actuar de manera inmediata (Boonmee et al., 2017).

En América Latina, Colombia muestra la mayor tasa de desastres naturales, según el Departamento Nacional de Planeación, entre el año 2006 y 2014 se presentaron 21.594 eventos de origen natural (DNP, 2015). Según el Banco Mundial (2012), el 86% de la población colombiana estaba expuesta a una amenaza sísmica alta y media, el 28% a un alto grado de inundación y el 31% a una amenaza alta y media por movimientos en masa, donde las inundaciones son los eventos más frecuentes con el mayor número de registros históricos de pérdidas en casi todos los departamentos de Colombia. El departamento del Valle del Cauca no es ajena a esta situación, ya que buena parte de su población está expuesta a inundaciones, al encontrarse surcado por varios ríos como: el Fraile, Dagua, Bugalagrande, El Dovio, Bolo, Calima y el río Cauca (Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres, 2013).

Con base en lo anterior, la logística humanitaria juega un papel muy importante, cuya misión consiste en estimar, proveer, almacenar, transportar y distribuir el personal y servicios requeridos en la zona afectada por un desastre (Habib et al., 2016), donde su objetivo principal es responder de manera rápida ante cualquier emergencia para así proveer suministros en el menor tiempo posible a las áreas afectadas, reduciendo el sufrimiento humano (Balcik et al., 2010; Balcik & Beamon, 2008). Una de las decisiones más importantes dentro del contexto de la logística humanitaria es la localización de albergues temporales, donde dado un conjunto de zonas potencialmente seguras, se busca determinar cuáles son los sitios que se deben abrir para albergar a las personas afectadas por un evento de desastre (Balcik & Beamon, 2008; Boonmee et al., 2017; Hezam & Nayeem, 2021). Los problemas de localización de instalaciones se han aplicado y asociado a una amplia gama de problemas como la evacuación, la logística de distribución de ayuda, el preposicionamiento de inventario, el transporte de víctimas, la asignación de recursos, la localización de almacenes y la ubicación de albergues temporales, siendo este último uno de los más relevantes en el marco de la logística humanitaria (Boonmee et al., 2017). En consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo proponer un modelo de programación matemática que contribuya al proceso de toma de decisiones en la localización de albergues temporales con el fin de minimizar el tiempo total de respuesta hacia la población afectada, tomando como caso de estudio el municipio de Roldanillo ubicado en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Este modelo matemático considera decisiones tales como cantidad y capacidad de albergues a instalar, asignación de zonas afectadas a cada albergue temporal y los requerimientos de demanda de ayuda humanitaria.

22: Propuesta de un modelo de programación de recursos de reparación para disrupciones viales transitorias por desastres naturales súbitos

Juan David Rodríguez Tabora and Joan Mauricio Gómez Hernández

Actualmente, en el mundo se presentan eventos generados por los desastres naturales, generando una cantidad considerable de pérdidas materiales y vidas humanas por los efectos ocasionados por los fenómenos naturales, como inundaciones, movimientos en masa, terremotos, tsunamis entre otros (Geng et al., 2020). Se debe tener en cuenta que los fenómenos naturales se llegan a convertir en desastres cuando estos sobrepasan un límite que se considera normal, el cual es calculado mediante un parámetro, que varía dependiendo del tipo de fenómeno que se está presentando (Helderop & Grubestic, 2019). Las consecuencias que este trae pueden deberse a varias situaciones: la carencia en medidas de prevención, planes de emergencia, sistemas de alerta temprana y por supuesto una mala planificación o la

inexistencia de un sistema de gestión del riesgo y desastres (Díaz et al., 2013).

A nivel mundial, en un horizonte de tiempo 2000 al 2020, han ocurrido alrededor de 8633 desastres naturales agrupados en una serie de eventos durante un tiempo determinado, según la base de datos "EM-DAT", este tipo de desastres se pueden clasificar en antrópicos, es decir, que son producidos por el hombre, y los naturales; en estos últimos se encuentran dos tipos, el desastre natural de inicio lento, en el cual se encuentran las sequías, degradación del medio ambiente, desertificación, deforestación, plagas, entre otros; el desastre natural de impacto súbito o inicio inmediato, en el cual se presentan riesgos geológicos y climáticos como son terremotos, tsunamis, tornados, inundaciones, tormentas tropicales, huracanes, ciclones, tifones, movimientos en masa, avalanchas (Jiang et al., 2012). En Colombia, según la base de datos de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), se tiene registro de alrededor de 24.118 desastres naturales súbitos durante un horizonte de 2000 al 2019, los cuales se clasifican en inundaciones, deslizamientos, crecientes, granizadas, tormentas, movimientos en masa, sismos, temporales, vendavales, entre otros (Consolidado Atención de Emergencias, 2021).

Por otra parte, estos eventos de desastre, pueden obstaculizar las labores de entrega de ayuda humanitaria, dado que pueden afectar las vías o redes de carreteras que conectan a cada uno de los eslabones de la cadena de ayuda humanitaria, afectando el tiempo de respuesta hacia la población afectada (Çelik, 2016; Hezam & Nayeem, 2021; Maya Duque et al., 2016).

Con base en lo anterior, la presente investigación propone un modelo de programación matemática que contribuya a la programación de recursos de reparación para la atención de disrupciones viales transitorias causadas por desastres naturales súbitos de tal forma que minimice el tiempo total de reparación de la malla vial afectada, este modelo permite a los responsables de la toma de decisiones de los centros de emergencia a proporcionar una planificación y programación óptima de las cuadrillas de trabajadores necesarias para cubrir las zonas afectadas, establecer el horario de llegada a cada nodo bloqueado y la cantidad de maquinaria que debe ser transportada al lugar de afectación.

50: Diseño de un modelo matemático para la asignación y priorización de ayudas humanitarias en Colombia considerando un indicador socioeconómico

Héctor Fabio Bonilla, Alfredo Daniel Moreno Arteaga and Santiago Caceres Medina

La vulnerabilidad social es una de las problemáticas que más afectan a las personas en caso de una emergencia humanitaria. Mayores índices de vulnerabilidad están generalmente asociados a el desplazamiento hacia zonas de alto riesgo y la estructuración de viviendas informales. En Colombia, se registran pocas o nulas investigaciones sobre el cómo los desastres naturales afectan a las comunidades dependiendo de su grado de vulnerabilidad. Estos estudios pueden ser útiles para realizar una mejor asignación del presupuesto disponible, y muchas veces limitado, para satisfacer las necesidades provocadas en un desastre.

Para ello, se propone un modelo de optimización que da respuesta a la localización, planeación de capacidad, preposicionamiento y el flujo de ayudas (envíos, compras y transferencia) hacia los diferentes centros de auxilio.

Un aspecto característico en el diseño de este modelo de optimización está en la utilización y adopción del índice de vulnerabilidad social (SoVI, por sus siglas en inglés) como parte fundamental en la toma de decisiones del modelo (Función Objetivo), con la intención de hacer énfasis en aquellas personas con menor capacidad de respuesta o mayor vulnerabilidad con respecto a las demás.

A través de un inexplorado caso de estudio basado en la cadena de abastecimiento humanitaria de Colombia, se muestra una nueva perspectiva sobre el cómo pueden ser tratados los diferentes desastres desde la planeación. Particularmente, se muestra que la utilización del SoVI es mucho más significativa en cuanto la vulnerabilidad crece, lo que demuestra la importancia de considerar este índice como un componente fundamental en el tratamiento de la logística de servicios.

54: Propuesta de un modelo de localización de albergues temporales para el caso de inundaciones en una ciudad del centro del Valle del Cauca

Andrés Felipe Toro Pedroza, Jennifer Tatiana Martínez Ávila, Diana Sofía González Tenorio and Andrés Mauricio Paredes Rodríguez

En la actualidad, el cambio climático ha generado que cada vez sea más común, la ocurrencia de desastres naturales que afectan a la población de diferentes regiones a nivel mundial, por lo que se hace necesario que las administraciones de las ciudades establezcan estrategias que mitiguen el sufrimiento de la población ante estas emergencias. Las inundaciones son uno de los desastres más representativos en Colombia y principalmente en el departamento del Valle del Cauca, debido a las condiciones hidroclimáticas y geográficas de la región. Este tipo de desastres frecuentemente ocasiona el deterioro de las viviendas, haciendo necesario el traslado de la población a albergues temporales, buscando salvaguardar su vida. En la presente investigación se desarrolla un modelo matemático para la localización de albergues temporales buscando reducir el costo de la apertura y operación de estos centros, considerando restricciones asociadas al envío mínimo de insumos necesarios para la supervivencia de la población, la recolección y ubicación de todas las personas afectadas por el desastre y la consideración de la capacidad de los vehículos de transporte de personas y víveres. El modelo desarrollado es probado en una ciudad del centro del Valle del Cauca, donde se logra encontrar una solución al mínimo costo, la cual determina la apertura de todos los albergues temporales considerados y establece el flujo de alimentos y personas desde cada una de las zonas afectadas.

68: Modeling Vaccine Allocations in Rural Areas in Central Regions from Colombia

Sthefania Ardila Benitez, Ana Carolina García Hoyos, María Paula Losada Porras, Alejandra Castellanos and Gonzalo Mejía

This paper addresses the problem of vaccination and distribution that has brought COVID-19 in rural areas from Colombia. Locations far from main cities are the last considered on vaccines supply taking into account the distance and the access. There have been territories where vaccines took to arrive more than 40 days, making it hard for inhabitants from these regions to protect themselves on time from the pandemic. With this in mind, mass vaccination programs are needed in order to get to each region and guarantee the demand coverage. For this reason, it was decided to plan the location and distribution of vaccines to 200 potential sites in five different departments in Colombia, by means of a linear model developed in GAMS software, taking into account demand parameters, costs and transportation distances in order to obtain information to define vaccination points with their coverage areas and the amount of vaccines sent to each site, considering the main percentage of vaccination according to the population of each department in order to supply a large part of it, prioritizing people who do not have any dose and to those whose health condition requires it.

This paper proposes a mathematical model based on demand satisfaction, distances, and capacity to select potential vaccination centers. In this document, first, the state of art is presented regarding the different approaches that have been developed to address this problematic. Second, an explanation of the problematic is provided choosing five regions in Colombia, especially rural areas where access to vaccination is limited. Third, the parameters used like distance, costs of transportation and operational costs for each vaccine, quantity of demand, vaccination capacity, and development of the model considering the objective function and constraints is explained. Fourth, a MILP optimization model approach is considered, and the results are analyzed. Finally, conclusions are provided as well as future research. With the results of the model, a possible solution is obtained suggesting that a total of 101 potential vaccine sites are required to satisfy the demand in the regions contemplated.

79: Recovery of the road network in a post-disaster situation

Lorena S. Reyes Rubiano and Elyn Lizeth Solano Charris

We consider the problem of prioritization of road reconstruction in a disaster-affected rural network. We propose a solution based on a labeled network that aims to maximize the accessibility to victim locations. The proposed solution approach uses a labeled network in which the edges have an assigned priority. The labeled network refers to the road network, and the

edge refers to the roads, whereby each edge prioritization value represents the road prioritization for recovery. We present numerical studies using artificial instances with different disruption levels. We propose two criteria, road travel time and connectivity, to determine which roads should first be recovered to improve road access to victim locations. The results indicate that the best prioritization criteria depend on the location of the disaster management center and disruption level. In addition, this paper provides insights on using flow network properties to design criteria for considering the structure of the damaged road network.

80: Heuristic method for the emergency water delivery problem with deprivation costs

Elyn Lizeth Solano Charris, Nicolas Giedelmann Lasprilla and William Guerrero

Humanitarian operations are characterized by the need to provide aid to affected populations in an efficient manner in order to minimize the effects caused by humanitarian crises. Humanitarian operations include the distribution of aid and scarce resources such as water, medicine and food, with the total cost of operation being one of the criteria most commonly used by decision-makers and researchers. However, in the last two decades, the inclusion of social costs such as cost of deprivation and equity as part of the decision criteria in these problems has become a trend of great relevance. This research presents a heuristic method to establish the drinking water distribution plan in post-disaster scenarios including the estimation of the deprivation cost experienced by the people affected by humanitarian disasters. twenty instances are solved based on available information from the department of Cundinamarca, Colombia, and results are obtained that show a superior performance taking as a criterion the total cost of the drinking water distribution operation by the proposed method versus a commercial optimizer.

IO en Sostenibilidad

2: Análisis de la sostenibilidad en el diseño de la red de distribución del aguacate Hass colombiano de exportación

Paula A. Nisperuza, Germán A. Álvarez and Juan G. Villegas R.

El aguacate Hass se ha convertido en uno de los productos mayor demandado a nivel mundial. En Colombia, el aguacate Hass ha mostrado un constante crecimiento tanto en áreas plantadas como en su producción (Ramírez-Gil et al., 2019). Esta fruta ha ganado gran participación en las exportaciones agrícolas realizadas por Colombia, las cuales han aumentado sostenidamente a partir del 2014 (Minagricultura, 2018), esto debido a las tendencias en los hábitos alimenticios alrededor del mundo y la capacidad del país para cosechar este fruto casi durante todo el año (ProColombia, 2018).

En los últimos años se ha comprobado que los productos agrícolas frescos como frutas y vegetales tienden a deteriorarse en su proceso de distribución (Zhu et al., 2021). Se considera que el aguacate dentro de la categoría de productos perecederos de frutas y vegetales presenta algunos desafíos extra durante toda su cadena de suministro, ya que se caracteriza porque es altamente susceptible a las infecciones latentes que se expresan durante la maduración, así como a las enfermedades fisiológicas y trastornos asociados con el deterioro por frío originados en los procesos de poscosecha (Namesny et al., 2020). Colombia presenta condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo y cosecha del aguacate Hass durante todo el año, sin embargo, aún no existe una red de distribución eficientemente estructurada que aporte a la mejora de los procesos logísticos de dicho proceso (Bustos & Moors, 2018). Por lo tanto, en este trabajo proponemos una herramienta de apoyo a la decisión para el diseño sostenible de la red de distribución poscosecha del aguacate Hass en Colombia soportada en el transporte intermodal cuando este sea necesario. Esta herramienta está basada en un modelo de optimización multiobjetivo. En el modelo propuesto se buscan tres objetivos fundamentales dentro de los sistemas de distribución. En primer lugar y como objetivo más común en este tipo de decisiones se busca minimizar los costos logísticos asociados al proceso de distribución, con lo cual se trata la sostenibilidad económica. En segundo lugar, desde la perspectiva medioambiental, se busca minimizar la huella de carbono generada en dicho proceso. Finalmente, en tercer lugar, se incluye la minimización de la cantidad de producto perdido en concordancia con el objetivo de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (SDG12) de Producción y consumo

responsable (Akkas & Gaur, 2021). El modelo planteado puede verse como un problema de flujo de costo mínimo multiobjetivo multiperiodo con pérdidas en los arcos y en el almacenamiento, el cual se modela haciendo uso de la programación lineal entera mixta.

La utilidad del modelo se verifica a través de un estudio de caso de una cadena de suministro de Aguacate Hass en una subregión de Antioquia (Colombia). Además, se realiza un análisis de sensibilidad para evaluar las diferentes estrategias de distribución y distintos escenarios de operación, evaluando entre otros los beneficios que puede traer a esta cadena el uso de transporte intermodal.

9: Milk collection problem with heterogeneous fleet. A sustainable approach

Luis Francisco López-Castro and Elyn L. Solano-Charris

Pollution and global warming are issues of global concern, and their mitigation is an important priority in public and private policies. Transformation and transportation activities are the components of the supply chains that emit the most greenhouse gases (GHG) and therefore contribute greatly to global warming. In the agri-food chains, one of the most polluting is livestock, both due to its nature and its supply chain, therefore, environmental aspects must be part of the decision-making process.

The work proposed in this abstract is part of an ongoing doctoral research on the design of supply networks with sustainability criterion applicable to the dairy sector of the department of Cundinamarca (Colombia), it focuses on the primary links of the supply chain through the design of raw milk collection schemes considering the possible use of different types of vehicles (milk haulers) that differ in their capacity and the emissions they generate depending on the distance traveled and the load transported, and to minimize the generated emissions. The problem considers a dairy company, responsible for the collection and a single quality of milk, so it is indifferent that the tanks have compartments. This version of the problem minimizes CO2 emissions of the Milk Collection Problem (MCP) with Heterogeneous Fleet, which is a particular case of the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP) and considers the two variants of the problem, the one that considers a fixed number of vehicle per type and the one that results in the optimal composition of the fleet.

This work presents Mixed-Integer Programming (MIP) models for the problems and the solution using a metaheuristic method over randomly generated instances of 20, 35, and 50 farms and its comparison with the obtained results by Branch and Bound (B&B) techniques limited by the runtime (i.e., 4 hours). The analysis of the results considers the emissions, the travelled distances, the fleet use and composition, and the computational time. Finally, conclusions, and future research perspectives are presented.

12: Diseño de un modelo de apoyo a la toma de decisiones en el marco del sistema de reembolso de depósito como herramienta de responsabilidad extendida en envases y envases

Jesus David Galarcio Noguera, Pablo Andres Maya Duque and Gloria Lucia Ramirez Cordoba

La producción de residuos de envases y empaques se ha convertido en una problemática global. En este sentido, las empresas se han visto obligadas a asumir el reto de tomar decisiones estratégicas para el cumplimiento de sus requerimientos de responsabilidad extendida del productor (REP) en envases y envases. Existen diversos estudios relacionados, sin embargo, las condiciones estudiadas son particulares y se asocian a las políticas de REP de cada país. La presente investigación se centra en el diseño de un modelo de optimización orientado a pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Colombia, que permite evaluar distintas variables en los sistemas de reembolso de depósito desde el punto de vista económico y ambiental, para hacer frente a los requerimientos de REP. Para su construcción, se asume que las PYMES están asociadas en una organización de responsabilidad del productor (ORP), teniendo como referencia la herramienta de reembolso de depósito para la gestión de envases de vidrio del sector de bebidas. El modelo propuesto fue validado utilizando un caso de estudio de envases no retornables en la zona "MEDIO SINÚ" del departamento de Córdoba, Colombia. Como resultado, se obtiene un modelo de optimización para un sistema de reembolso de depósito que permite la realización de experimentos

en aras de analizar el comportamiento del sistema a partir de la variación de sus parámetros. Este estudio pone en relieve el valor del material en el mercado como parámetro que condiciona el valor del depósito, encontrando que un resultado óptimo en términos económicos y ambientales se logra fijando el valor del depósito por debajo del 50% del valor del material en el mercado. Finalmente, con los resultados de este estudio, es posible concluir que la estrategia del Gobierno de Colombia de imponer una meta de aprovechamiento para el vidrio mediante la Resolución 1407 de 2018 es acertada.

16: Propuesta metodológica multicriterio para la selección de proveedores de transporte de carga terrestre mediante la herramienta AHP-TOPSIS difuso bajo un enfoque de sostenibilidad

Laura Ximena Ríos Aguirre, María Fernanda Ramírez Bedoya, Cristian David Vanegas Toro and Carlos Alberto Rojas Trejos

La selección de proveedores de transporte de carga terrestre en la cadena de suministro obedece a una evaluación de múltiples criterios, pues, además del costo, se debe analizar la calidad, capacidad del proveedor, condiciones de pago, garantías y tiempos de entrega, estos criterios deben ser calculables, comparables y deben ir alineados con los objetivos organizacionales; de este modo se garantiza la elección de la alternativa adecuada para la empresa (Herrera Umaña, María Fernanda; Osorio Gómez, 2009). La decisión adecuada puede asegurar el buen desempeño del proceso productivo y la calidad del producto final, contribuyendo a aumentar la ventaja competitiva de la compañía, permitiendo dar respuesta oportunamente a las expectativas del cliente (Ocampo Murillo & Quintero Garzón, 2020).

De acuerdo con (Cordero Torres, 2019), la selección de proveedores ha recibido una atención considerable debido al importante efecto en el éxito de la gestión de la cadena de suministro. Por ende, lograr la eficiencia en la cadena de suministro implica, en términos generales, mejorar el servicio al cliente y reducir costos a partir de un adecuado proceso de selección de proveedores (Alfonso & Mendoza, 2014). Para cumplirlo, actividades logísticas como la distribución y transporte de carga, que forman parte de la última etapa de la cadena, enfrentan retos relacionados directamente con la rapidez que los clientes demandan en las entregas, como con el impacto en el medio ambiente (Tatiana & Duarte, 2017).

Por lo tanto, es necesario involucrar aspectos de sostenibilidad que contribuya a un proceso de toma de decisiones más holístico en la selección de proveedores de transporte de carga terrestre, a partir del establecimiento de herramientas que incorporen diferentes criterios de naturaleza cuantitativa y cualitativa en el marco del desarrollo sostenible (Sarache et al., 2009).

Entre estas herramientas se cuentan los modelos de preferencia, es decir, herramientas que permiten abordar el problema de decisión multicriterio de una forma sistemática y científica, buscando favorecer el proceso y ayudar a quien toma la decisión (Saaty, 2014; Yoon & Kim, 2017).

Con base en lo anterior, la presente investigación propone una herramienta multicriterio basada en los lineamientos del AHP-TOPSIS difuso. Se han elegido estas dos herramientas basadas en la recomendación de algunos autores como (Cinelli et al., 2014; Yilmaz & Kabak, 2020; Zyoud & Fuchs-Hanusch, 2017), quienes consideran que la combinación del AHP (Analytic Hierarchy Process) y el TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) facilitan el proceso de toma de decisiones con el fin de determinar el conjunto de proveedores que más se ajusten a criterios de sostenibilidad que se definan e involucre elementos propios de la lógica difusa (Adarme-Jaimes et al., 2012).

Las conclusiones de la investigación muestran que si la sostenibilidad a nivel organizacional es un enfoque de negocio que genera valor a largo plazo, las empresas deben aprovechar las oportunidades de gestionar los proveedores respecto a los factores derivados de la evolución económica, ambiental y social.

18: Propuesta de un modelo de localización de centros de disposición de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Zarzal Valle del Cauca

Yessica Alejandra García Buitrago, Luisa Fernanda Molinares Millán and Carlos Alberto Rojas Trejos

En la actualidad, el planeta está presentando una crisis por la inadecuada disposición que se da a los residuos que se originan de los procesos que diariamente el ser humano realiza, generando afectaciones en la calidad de vida de las personas y el ecosistema (Departamento Nacional de Planeación

DNP, 2016; González, 2016; Ministerio del Ambiente, 2015; Monroy & Poveda, 2017; Rodríguez Quiñonez, 2016; Tavella et al., 2014).

En las dos primeras décadas del siglo XXI ha venido en ascenso ésta problemática ambiental para casi todos los países del mundo, por lo que es imperiosa la necesidad de establecer una relación sostenible entre el desmedido crecimiento poblacional, la cultura consumista y la demanda irracional de los recursos naturales (González, 2016).

En este sentido, es evidente el impacto directo causado por los residuos sólidos en términos de la contaminación del recurso hídrico, la polución del aire, la esterilización del suelo, la proliferación de plagas y sus efectos en la salud pública. Para la sociedad actual y futura la gestión ambiental es un factor crítico que se convierte en un desafío desde las perspectivas de la producción, recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos (González, 2016; Monroy & Poveda, 2017; Rodríguez Quiñonez, 2016).

Según el (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012), a medida que el mundo avanza, la cantidad de residuos sólidos municipales crece aún más rápido que la tasa de urbanización. En el año 2017, el total de residuos globales fue alrededor de 20 mil millones de toneladas. Esto corresponde a 2,63 toneladas de residuos totales per cápita por año. Se espera que el total de residuos globales generados crezca a 46 mil millones de toneladas para el año 2050. Los residuos sólidos urbanos son una cantidad mucho menor, que osciló entre 2.300 y 3.100 millones de toneladas en 2019. Se espera que estos residuos generados crezcan a 4.54 mil millones de toneladas para 2050. Además, casi un tercio del total de éstos residuos generados no se recolecta, y la mayor parte de lo que se recolecta no se trata de acuerdo con normas de gestión establecidas para su disposición, especialmente aquellos denominados como orgánicos (Maalouf & Mavropoulos, 2022).

En Colombia, de acuerdo con (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2016), habrá 64 ciudades con más de 100.000 habitantes en 2035, en las que habitarán el 83% de la población y 5,1 millones de nuevos hogares, donde se estima que la generación de residuos también se incrementará.

Con base en lo anterior, la presente investigación busca proponer un modelo de programación matemática que contribuya al proceso de toma de decisiones en localización de centros de disposición de residuos sólidos orgánicos, tomando como caso de estudio la zona urbana del municipio de Zarzal, Valle del Cauca, Colombia, considerando elementos tales como sitios potenciales para la localización, generación estimada de residuos sólidos en el municipio y limitaciones de capacidad de los centros, de tal forma que contribuya a minimizar la distancia total ponderada desde cada zona generadora hacia los centros de disposición.

38: A mathematical optimization model for microgrids sizing

Santiago Marulanda, Sebastián Felipe Castellanos, Pablo Andrés Maya, Walter Mauricio Villa and Mateo Giraldo

Las microrredes que integran fuentes de generación de energías renovables se han convertido en una alternativa con gran potencial para proveer energía eléctrica a las zonas no interconectadas (ZNI), posibilitando la creación de proyectos sostenibles que permitan la reducción de emisiones contaminantes y dar solución a una problemática vigente. El dimensionamiento de las microrredes es fundamental para la viabilidad de un proyecto de generación eléctrica, que garantice la fiabilidad en el suministro y permita reducir los costos asociados a estos proyectos.

Con el fin de apoyar al tomador de decisiones en el dimensionamiento de una microrred y generar un aporte con respecto a los modelos de dimensionamiento existentes en la literatura, se desarrolló un modelo matemático que, con base en las alternativas comerciales disponibles en el mercado establece la configuración óptima de la Microrred minimizando el costo de instalación y operación a la vez que permite considerar diferentes niveles para la confiabilidad del suministro expresado como la probabilidad de no atender la demanda. El modelo se valida usando datos reales de cuatro zonas no interconectadas en Colombia, con resultados prometedores respecto a su capacidad para brindar soporte para el proceso de diseño e implementación de microrredes para estas regiones.

55: Estrategias para la gestión sostenible de sillas de aulas aplicando los principios de economía circular para el caso de la Universidad de Antioquia

Betzy Cárdenas Ibáñez, Luisa Jiménez and Pablo Maya-Duque

En esta ponencia se describen los resultados del proyecto “Estrategias para la gestión sostenible de sillas de aulas aplicando los principios de economía circular para el caso de la Universidad de Antioquia”. Este proyecto, tiene como objetivo proponer estrategias viables en el marco de la Economía Circular para la gestión de mobiliario, específicamente las sillas de las aulas, en el marco de la tarea docente de la Universidad de Antioquia. Para el desarrollo del mismo se lleva a cabo una metodología mixta que comprende: la revisión de literatura y estado del arte para la identificación de las estrategias de economía circular y criterios de evaluación aplicables al mobiliario de aulas; la validación y priorización a través de un panel de expertos para la priorización de las estrategias de acuerdo a las necesidades y limitaciones de la Universidad; la medición del impacto de la estrategia de compra con servicio extendido mediante un Análisis de ciclo de vida (ACV); y finalmente se propone una hoja de ruta de acción para la implementación de las estrategias para la gestión circular del mobiliario de aulas en las distintas Facultades y sedes de la Universidad. Los resultados obtenidos permiten identificar que hay dos criterios que se consideran relevantes al momento de determinar la viabilidad de una estrategia, estos son: El aspecto legal y los costos, debido a lo complejo y diversos que son los trámites legales y la licitación de proveedores de las instituciones de educación y aún más si estas son de carácter público. Teniendo en cuenta la evaluación y priorización de las estrategias se obtiene como estrategias mejor valoradas a diseño circular, compra con servicio extendido y responsabilidad extendida. De estas estrategias es destacable que se identifica como actor principal al proveedor del bien, en este caso el mobiliario. Respecto a las tres estrategias con menor valoración, (abastecimiento circular, producto como servicio y uso en cascada), se observa que tienen un elemento disruptivo respecto a los esquemas tradicionales que se han venido implementado por las instituciones educativas. Así, por ejemplo, en ellas se demanda el fortalecimiento de los ciclos internos de las estrategias de uso en cascada o el cambio de paradigma del requerimiento de productos a servicios, conceptos que en buena medida demandan un rol activo del comprador.

71: Feasibility study and Multivariate Analysis of a sustainable housing project

Kathleen Salazar Serna, Isabel García and Juan Melo

Global warming and climate change have far-reaching effects on our planet and have become the defining issues of our time. As one of the main polluters on the planet, the construction industry has a major role to play in terms of environmental impact reduction practices. This work intends to contribute to combat those serious impacts on the environment and make our cities more sustainable and oriented to achieve the Sustainable Development Goals. The present study assesses the feasibility of a housing project with sustainable parameters from a builder's perspective. Through forecasted cash flows, we compared a building already constructed using conventional systems with a building project of the same structure, but incorporating those sustainable parameters identified as the most important by the LEED standards and potential customers. Despite the relatively higher costs of sustainable construction, results indicated the viability of the project. Additionally, a factorial structure based on exploratory and confirmatory analyses is provided to evaluate two surveys used to determine those relevant sustainable factors which generate the greatest positive impact, and which are more valued by buyers. This statistical approach allowed the factors (latent variables) to be extracted in each of the two data samples, and it was found that the factorial structure reflects the underlying dimensions in accordance with the study results. Finally, our technical and financial studies demonstrate that green projects are feasible and there are opportunities to develop the green housing market.

87: Diseño de una metodología para la programación semanal de rutas de recolección para donaciones en un banco de alimentos teniendo en cuenta ventas de tiempo

Héctor Fabio Bonilla, Julio César Londoño Ortega, Karen Chaguendo and Diana Carolina Rondon

La recolección de alimentos es un problema en el que deben visitarse de forma periódica múltiples clientes haciendo uso de una flota heterogénea de vehículos. Esta situación se conoce como el problema periódico de ruteo de vehículos con flota heterogénea PVRP-HF, el cual por ser un problema de ruteo de vehículos VRP es considerado de optimización combinatoria, NP-Hard. Por otro lado, dado que, los clientes determinan sus horarios en que el vehículo del BA puede arribar para hacer la recolección, la programación de las visitas debe considerar estas restricciones impuestas por los clientes. Así el problema completo es un PVRP-HF con ventanas de tiempo.

Para dar solución a la situación mencionada, se propone una metodología de dos etapas, en la primera etapa, se realiza una estrategia de agrupación de clientes (donantes) por periodo en el horizonte de planeación y en la segunda etapa, para cada periodo del horizonte de planeación, se resuelve el problema de recolección con ventanas de tiempo.

Los resultados obtenidos hasta ahora en pequeñas instancias, muestran que se pueden hacer agrupaciones de clientes que son muy cercanos entre sí, lo cual, permite reducir la distancia a recorrer y que se pueden programar los vehículos considerando el cumplimiento de las ventanas de tiempo.

91: Configuración de la Estrategia Producto como Servicio de Economía Circular, en el Sector Mobiliario de Instituciones de Educación Superior

Brigitte Mildred Roldán Ramírez, Pablo Andrés Maya Duque and Olga Cecilia Usuga Manco

La tradicional economía lineal, donde el consumo de productos está dado por el enfoque de tomar, fabricar y desechar, ha traído consigo consecuencias adversas en el medio ambiente y la economía, debido a la escasez de los recursos naturales dado el elevado consumo de materias primas y su condición finita, la generación de emisiones de agentes contaminantes al medio ambiente y toneladas de residuos generados que han saturado la capacidad de gestión en los vertederos. Por ello, es necesario migrar hacia una Economía Circular (EC) que es restaurativa y regenerativa, para preservar los recursos naturales, extendiendo la vida útil de los productos y materiales, aumentando su durabilidad y manteniendo su valor económico con ciclos de remanufactura, reparación, reciclaje y reutilización. En Colombia se han venido desarrollando diferentes iniciativas respecto a la EC siguiendo el modelo europeo, en el que se han intervenido diferentes sectores, como el de equipos eléctricos y electrónicos, envases y empaques plásticos, baterías, fármacos, llantas y de manera emergente el sector mobiliario, haciendo que dicho sector cobre relevancia, ya que ha sido identificado como prioritario para una adaptación hacia la EC dadas las emisiones generadas en la producción y el volumen de residuos, se requiere un uso eficiente del mobiliario.

En el sector mobiliario se pueden aplicar estrategias específicas de EC como la de Producto como servicio (PSS) que corresponde a un modelo de negocio que combina productos tangibles y servicios intangibles para satisfacer las necesidades del cliente y permite aplicar criterios de sostenibilidad. En dicha estrategia el consumidor puede acceder a un bien o servicio sin comprarlo, siendo el proveedor del producto-servicio quien se hace cargo de su gestión durante todo su ciclo de vida, implementando servicios como mantenimiento, reparación y remanufactura, que aportan a extender la vida útil del producto.

En este trabajo se propone la configuración a seguir para implementar la estrategia PSS en el sector mobiliario, específicamente mobiliario de Instituciones de Educación superior (IES). En la configuración propuesta se tiene en cuenta factores críticos identificados, que incluyen aspectos aportantes a la sostenibilidad, y se plantea un nuevo modelo de adquisición y gestión de mobiliario que aporta a la disminución de impactos ambientales y generación de beneficios económicos. Se realiza la validación de dicha configuración mediante un panel de expertos multidisciplinarios y caso de estudio en una IES, donde se simula el modelo de gestión de mobiliario actual y el propuesto que es basado en PSS para compararlos. La simulación e realiza mediante dinámica de sistemas, y como resultado, se muestran los beneficios de aplicar PSS, tanto económicos respecto a la disminución de costos, como ambientales respecto a la disminución del consumo de recursos,

por ello la conveniencia de la aplicación de la estrategia PSS, incentivando un cambio de patrones de uso y consumo de productos, concluyendo que PSS, como modelo de adquisición, puede aumentar la competitividad, las ganancias de una organización y satisfacer las necesidades de los clientes, generando un menor impacto ambiental que los modelos comerciales tradicionales de venta de productos.

107: Diseño de una red de aprovechamiento de aceite de cocina usado desde un enfoque de sostenibilidad

Luis David Ureña Lozano, Juan Camilo Ramirez Cárdenas and Andrés Mauricio Paredes Rodríguez

En la actualidad, existe una problemática ambiental generada por la inadecuada disposición de los residuos de diferentes procesos industriales dentro de las cadenas de suministro. Dentro de los productos que mayor contaminación está generando se encuentran los aceites, principalmente el residuo de aceite vegetal generado en los hogares, hoteles y restaurantes. Además de su inminente impacto ambiental, en donde un litro de aceite usado puede llegar a contaminar cerca 40.000 litros de agua; su tratamiento tiene implicaciones económicas y sociales que deben ser evaluadas con pertinencia para definir redes de aprovechamiento que permitan administrar este residuo desde un enfoque de sostenibilidad. En la presente investigación se desarrolla un modelo de programación lineal entera mixta multiobjetivo para el diseño de una red de logística de aprovechamiento para el aceite de cocina usado generado en una ciudad del centro del Valle del Cauca considerando no solamente criterios económicos, sino también el impacto social y ambiental de la cadena de suministro. Para llevar a cabo este estudio, inicialmente se realizó una caracterización de la población objeto de estudio a través de consulta en fuentes de información primaria y secundaria, con lo cual se logró establecer una estructura base para el establecimiento de una red de aprovechamiento. El modelo considera la interacción de los barrios y restaurantes con unos centros de recolección de este residuo en cada barrio para luego ser llevados a un centro de acopio ubicado en el centro de cada comuna de la ciudad y posteriormente desde cada centro de acopio ser transportado a una empresa intermediaria que almacena y distribuye el aceite usado de cocina a empresas aprovechadoras de este residuo, con el objetivo principal de fabricar y producir biocombustible. Como principales resultados de la investigación se encuentra el establecimiento de una red de aprovechamiento que reduce los costos logísticos de operación, al mismo tiempo que disminuye su efecto en términos de dióxido de carbono y aumenta la generación de empleo dentro de la ciudad objeto de estudio.

115: Marco de toma de decisiones para mejorar la infraestructura escolar

Rafael Fernández, Andrés Medaglia and Juan Francisco Correal

La calidad del aprendizaje y el rendimiento de los niños y jóvenes está determinada por diferentes factores, entre los que se encuentra la calidad de la infraestructura escolar. Las amenazas naturales como terremotos, inundaciones y deslizamientos de tierra representan un riesgo para la integridad de las instalaciones educativas y por ende para la seguridad de los estudiantes, profesores y personal administrativo. Adicional a esto, existen grandes problemas relacionados con la funcionalidad y confort de estas instalaciones en países del sur global. Por ejemplo, aspectos como el número inadecuado de aulas, la falta de espacios de recreación y ocio, la mala iluminación y ventilación, el mobiliario viejo y la conectividad deficiente entre otros afectan considerablemente la calidad de aprendizaje. En contextos nacionales el proceso de toma de decisiones para priorizar las intervenciones de mejora de las escuelas se vuelve aún más desafiante debido a los recursos limitados y la falta de información. Teniendo esto en cuenta, proponemos un marco de toma de decisiones que priorice la inversión en infraestructura escolar con presupuestos limitados. Este marco permite mejorar el proceso de toma de decisiones de política pública y beneficia a los estudiantes en términos de calidad de infraestructura con una perspectiva multicriterio, mejorando tanto la seguridad como las condiciones funcionales. Este marco se aplica como caso de estudio a la infraestructura escolar en República Dominicana.

124: Diseño y Optimización de una cadena de suministro para el aprovechamiento de gases de tea usando tecnologías móviles a pequeña escala

Ariel Uribe Rodríguez, María Camila Durán Díaz, Hernando Guerrero Amaya and Andrés Joaquín Calderón Vergara

Cumplir las metas de mitigación de gas de quema en teas, se ha convertido en uno de los objetivos principales de los gobiernos a nivel internacional en materia energética. El Banco Mundial estima que aproximadamente un 4% del total del gas producido se quema en teas, lo que resulta preocupante si se considera que esta cifra representa la cuarta parte del consumo total de gas de EE. UU en un año; 30% del consumo anual de gas de la Unión Europea, 75% de las exportaciones de gas de Rusia y casi la totalidad del consumo de gas de Latino América y el Caribe. En el 2015, el Banco Mundial1 lanzó la iniciativa Global Gas Flaring Reduction Partnership orientada a poner fin a la quema regular de gas en los campos de producción petrolera. Según el Banco Mundial2, en el mundo se quemó alrededor de 143.410 millones de m3 de gas, con un contenido de CO2 de 382,43 millones de toneladas, equivalente a 16.459 millones de dólares. En la actualidad se ha incrementado el desarrollo de tecnologías modulares móviles, como la conversión GTL (gas a líquidos) o turbinas (gas a energía eléctrica) en pequeña escala, y estas se han identificado como posibles vías atractivas para la monetización del gas de quema en teas.

A pesar de esto, la aplicación en el mercado de estas tecnologías todavía se considera emergente. Los principales retos que se acarrean están asociados a los altos costos de capital (CAPEX) que representa la inversión, la variabilidad de las fuentes (flujo y composición del gas de tea), y la complejidad logística que implica el traslado de las plantas de un lugar a otro, principalmente por la accesibilidad a las zonas.

Por tal motivo, para evaluar el potencial económico de los gases de tea, se propone un modelo de optimización multiperiodo por medio de programación lineal entera mixta (MILP). El modelo determina la asignación dinámica de plantas móviles, y las decisiones operativas óptimas para monetizar los gases de quema en teas.

El modelo se implementó en Pyomo y se aplicó a un caso de estudio en un campo de producción de crudo en Colombia, se consideraron dos tecnologías de procesamiento GTL y turbinas. Al modelo se ingresa el número de teas disponibles con sus respectivos perfiles de disponibilidad de gas, y sus ubicaciones. Adicionalmente, se requiere información de capacidad, rendimiento y costos de las tecnologías principales modulares GTL y turbinas. El modelo asigna la tecnología adecuada para cada tea, el tiempo de permanencia en cada punto y el orden en que se deben movilizar de tal manera que se maximice el valor presente neto (VPN).

IO en Transporte, Logística y Cadena de Suministro

14: Ruteo para la recogida de ítems refrigerados, considerando tiempo de servicio tiempo dependiente en depósito y penalizaciones por espera y pérdida de ventas

Cesar David Osorio-Castañeda, Juan José Bravo-Bastidas and Juan Pablo Orejuela-Cabrera

En este trabajo se aborda el problema de recogida de productos refrigerados sobre un conjunto de nodos dispersos geográficamente, considerando un vehículo que parte del depósito visitando todos los nodos una única vez y regresando de nuevo al depósito donde se comercializan los productos recolectados. Este tipo de escenarios surgen, por ejemplo, en negociaciones tipo “Ex Works” (EXW) de las reglas Incoterms, las cuales rigen las operaciones de compraventa tanto nacionales como internacionales; en este tipo de negociación el comprador se encarga de recoger los productos donde el proveedor los almacena.

En tal sentido, el problema consiste en un TSP de recogidas, y el aporte de este trabajo radica en la consideración de las operaciones en el punto de consumo (depósito) como la espera para descargar, el tiempo de descarga tiempo dependiente, además de la consideración de una penalización por pérdida de ventas en función de la tardanza en la disponibilidad de los productos frente a la hora de inicio de la comercialización.

Este problema busca minimizar el costo total, compuesto por la penalización asociada a la pérdida de ventas, el consumo de combustible tanto en el recorrido como en la operación de la unidad de refrigeración durante el recorrido, la espera y el tiempo de servicio en el depósito. Para ello se

propone un modelo matemático que permita determinar la secuencia de nodos a visitar y el momento de inicio del tour, de tal forma que se minimicen los costos totales. El modelo propuesto está diseñado con elementos aún no considerados conjuntamente en la literatura como funciones piece-wise para la pérdida de ventas y los tiempos de descarga tiempo dependientes. Además, el estudio del tiempo de inicio óptimo en problemas de recogidas refrigeradas, incluyendo el costo de espera de la unidad de refrigeración no han sido tampoco abordados en la literatura.

Esta propuesta metodológica se validó en el problema de comercialización de leche cruda (sin procesamiento) producida por los campesinos de Cumbal, municipio del departamento de Nariño, Colombia, los cuales venden una parte de la producción a empresas de procesamiento de leche, mientras que la producción restante puede ser comercializada en la galería del municipio por parte de terceros. Para lo cual se requiere una recogida refrigerada del producto que garantice la cadena de frío y que lleve el producto hasta el punto de venta en la galería. El modelo propuesto fue programado en AMPL® y resuelto con el solver CPLEX®, encontrando tanto la secuencia de nodos a visitar como el momento óptimo de inicio de la ruta. Finalmente se realiza un análisis de sensibilidad a través de tres escenarios que desde el contexto práctico podrían estar asociados con: cambios tecnológicos en los vehículos, variaciones en la disponibilidad de mano de obra para descarga y cambios en las percepciones de los clientes frente a bajos niveles de servicio.

19: Propuesta de un modelo de ruteo de vehículos considerando decisiones de inventarios para una empresa comercializadora de uva en el Valle del Cauca, Colombia

Sebastián Herrera Castro, Mayeli Andrea Salazar Montoya, Kelly Andrea Zuñiga Lara and Carlos Alberto Rojas Trejos

La cadena productiva corresponde a una serie de procesos que van desde la obtención de las materias primas hasta el momento en el que el producto llega al consumidor final. Dentro de este proceso intervienen diversos actores en cada una de las actividades, que al interactuar entre sí, construyen lazos de colaboración, ajustando los intereses y necesidades individuales a los del conjunto, generando un valor agregado al producto en cada etapa (Muñoz-Pinzón et al., 2020; Ruiz Moreno et al., 2015).

En el marco de este concepto, se encuentra la cadena productiva de la uva en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, y su importancia que tiene en la microrregión que comprende los municipios de Bolívar, Roldanillo, Toro y La Unión (Gobernación Departamento Valle del Cauca, 2020).

Actualmente el Valle del Cauca es el responsable de aproximadamente el 85% de la producción de uva en Colombia, lo que le brinda un posicionamiento clave a nivel nacional sobre dicho cultivo (Rodríguez Sánchez et al., 2018).

Las cadena productiva de la uva se ubica principalmente en el municipio de La Unión, cuyas actividades comprenden la comercialización y distribución de producto al interior del departamento; cuyos clientes se encuentran dispersos geográficamente, cuya demanda debe ser satisfecha dentro de un lapso de tiempo, considerando niveles de inventario (Gobernación Departamento Valle del Cauca, 2020; López Cardona & Díaz Camacho, 2017; Rodríguez Sánchez et al., 2018).

Puntualmente las decisiones de comercialización y distribución de productos hortofrutícolas como la uva, se realiza de manera empírica por las personas responsables de estos procesos logísticos, desconociendo el impacto de la configuración y establecimiento de rutas de distribución y en el costo total de transporte e inventario (López Cardona & Díaz Camacho, 2017).

Este problema se conoce en la literatura como el problema de ruteo de inventario con ventanas de tiempo (IRPTW, por sus siglas en inglés) concebida por (Coelho et al., 2014) como el establecimiento de la configuración de rutas de vehículos y las decisiones de inventario en cada nodo, en la que una flota de vehículos parte de un depósito hacia una cantidad de clientes geográficamente dispersos, sujeto a restricciones de demanda, inventario, capacidad de vehículos y ventanas de tiempo (Bertazzi & Speranza, 2012; Guerrero, 2017).

Con base en lo anterior, la presente investigación aborda una propuesta de un modelo de programación matemática que contribuya a optimizar las decisiones conjuntas de ruteo e inventarios, considerando una flota limitada de vehículos con capacidad homogénea, un único depósito y múltiples minoristas dispersos geográficamente, considerando ventanas de tiempo duras y una demanda determinística, de tal forma que contribuya a minimizar

el costo total de logística. De igual forma, se establece un análisis de escenarios del modelo a partir de la variación de parámetros de interés y su impacto en la función de desempeño, con el fin de identificar cuáles son los factores que inciden en la configuración óptima de la red de distribución y en el costo total de transporte e inventario.

42: Planeación táctica y asignación de vehículos en un sistema de transporte masivo mediante el uso de modelos de programación entera mixta y métodos heurísticos

Santiago Andrés Díaz, Karen Lorena Monroy and Angélica Sarmiento

El transporte masivo en las ciudades se enfrenta a un gran problema, lograr cumplir con los requerimientos de la demanda operando con bajos costos y a su vez, considerando el tiempo de permanencia del usuario dentro de las instalaciones. En particular, el presente artículo busca solventar este problema para sistemas de transporte que funcionen bajo la modalidad de agendamiento de boletos; algunos ejemplos son sistemas de transporte intermunicipal, tranvía, aéreo y marítimo. Se aborda esta situación desde un enfoque táctico al planear la red de transporte y sus rutas haciendo uso de modelos de programación entera mixta, así como también desde un enfoque operativo al asignar vehículos a horas de salida y trayectos o rutas preestablecidas utilizando métodos heurísticos. Durante el proyecto se trabajó con una distribución de demanda sintética bimodal para simular el comportamiento real de un sistema de transporte común. El objetivo de los dos modelos en conjunto es reducir costos de mano de obra contratada, de mantenimiento de la flota, de incumplimiento en el nivel de servicio, de operación de la flota, tiempo de espera de los usuarios dentro de las instalaciones y el costo de mantener asientos vacíos en los recorridos. Se evalúan múltiples escenarios al variar la ponderación de cada costo y examinar su impacto en el costo total.

56: Modelo de Optimización No-Lineal para Redes de Cadenas de Suministro Multiescalón con Demanda Incierta

Juan Pablo Oviedo Ramírez and Eduyn López-Santana

En este trabajo, se estudian modelos de programación no-lineal entera mixta para determinar las decisiones a tomar para una planeación táctica en una cadena de suministro con demanda incierta. Inicialmente se desarrolló una revisión del estado del arte para determinar y analizar las investigaciones relacionadas con modelos no-lineales de optimización enfocados a cadenas de suministro multiescalón para una planeación táctica. De acuerdo con los resultados encontrados se propusieron los componentes matemáticos que posteriormente determinan la estructura de tres problemas de programación matemática, con los cuales se establece una nueva forma de modelar cadenas de suministro con redes acíclicas para un horizonte de planeación establecido y que permite incluir distintos tipos de no-linealidades.

Cada modelo planteado tiene una función objetivo diferente. El primero consiste en un problema de maximización de utilidades de la cadena de suministro, que posee un primer término lineal correspondiente con los ingresos brutos recibidos por concepto de las ventas realizadas en los nodos donde se origina la demanda; el segundo término no-lineal que determina los costos de producción de todos los nodos durante el horizonte de planeación; y el tercer término de tal función objetivo explica los costos de transportar mercancía por los arcos de la cadena de suministro durante todos los periodos. En el Segundo modelo se evidencia una función objetivo no-lineal, la cual representa una tasa de satisfacción de la demanda por parte de nodos que se encuentran a una distancia de los nodos donde se origina la demanda. El último modelo considera una de las funciones objetivo-lineales más usadas dentro de la literatura de las cadenas de suministro, la cual es la maximización de utilidades con términos lineales.

Los modelos de MINLP propuestos son no-convexos y son resueltos por medio de los solvers LINGO, BONMIN y COUENNE, identificando que el primero de estos fue el que consiguió obtener mejores soluciones para las instancias pequeñas y medianas utilizadas. Los resultados demuestran que los modelos propuestos ofrecen información relevante para las decisiones a tomar en las cadenas de suministro dentro de un horizonte de planeación determinado, garantizando para ciertos casos un óptimo local del problema.

59: Piloto para evaluar la viabilidad de bicicletas y triciclos eléctricos de carga en la distribución de última milla en Bogotá

María Camila Reinoso, Oscar Velásquez and Daniel Prato

La distribución de carga en zonas urbanas está asociada al uso de vehículos de carga que operan con combustibles fósiles, los cuales generan un impacto negativo en términos de movilidad, calidad del aire, contaminación acústica y nivel de accidentalidad, entre otros. Por esto, se requiere desarrollar y probar nuevas estrategias de transporte encaminadas a dar solución a estos complejos problemas que presupone la logística urbana.

Actualmente, la ciclogística es una de las principales estrategias para reducir las externalidades de las operaciones de logística urbana, debido a su potencial para descarbonizar las entregas, especialmente en los últimos kilómetros de los trayectos. Bajo esta línea, el piloto BiciCarga busca promover el uso de bicicletas y triciclos eléctricos para las operaciones de entrega de mercancía de forma sostenible y eficiente. Para esto, se diseñó un piloto contempló dos modalidades de operación, i) distribución de operación centralizada en el que se hace la distribución de mercancías en bicicletas y triciclos eléctricos de carga desde un punto ubicado dentro de la ciudad, ya sea bodega o almacén de la empresa, sin requerimiento de un transporte primario en vehículo de combustión interna; ii) modelo de consolidación y distribución colaborativa que involucra un conjunto de empresas que harán uso de una plataforma colaborativa para distribuir sus mercancías partiendo de un único punto de acopio dentro de la ciudad, donde se recibirán los pedidos para su posterior cargue y distribución en bicicletas/triciclos eléctricos a su destino final.

60: Propuesta metodológica para la selección de estrategias de gestión de residuos eléctricos y electrónicos en el municipio de Zarzal, Valle del Cauca

Laura Caicedo, Juan Ulloa and Carlos Rojas

El uso de dispositivos tecnológicos se ha acrecentado con el pasar del tiempo. El reciente panorama ocasionado por la pandemia ha generado que la cantidad de dispositivos que se usan en los hogares aumente y por ende los residuos derivados una vez se haya culminado su vida útil (Cecilia et al., 2017). Sin embargo, la recolección de estos residuos representa un costo significativo e impactos a nivel medio ambiental y social (Zambrano-yépez et al., 2022).

Los residuos conocidos como WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) contienen sustancias sumamente perjudiciales para el medio ambiente e incluso la salud humana, sin embargo, estos grupos pueden contener una proporción importante de material para reciclar. La aplicación de las tres R (Reducir, Reutilizar y Reciclar) a los residuos finales de los WEEE está siendo estudiado de cerca para contribuir al desarrollo de estrategias sostenibles en la industria tecnológica (Parra Martínez, 2019).

El manejo de estos residuos incluye varios procesos y tratamientos los cuales deben seguirse según las normas correspondientes y deben ser monitoreadas. Inicialmente debe haber una gestión en el sitio donde se utilizan; el usuario debe saber cómo y dónde se entrega el equipo obsoleto o dañado. En segunda instancia, se debe implementar un sistema de recolección práctico para el usuario y se debe promocionar el sistema para crear sensibilización en los usuarios. Estos sitios además deben cumplir con ciertos estándares básicos como la protección contra las condiciones del ambiente, disponer de suficiente espacio para almacenar los equipos por cierto tiempo y la categorización de los equipos recibidos (Cecilia et al., 2017; Valencia, 2009; Zambrano-yépez et al., 2022).

Por lo anterior, la gestión integral de este tipo de residuos se basa en varios principios y conceptos, los cuales tienen como objetivo explicitar y justificar la estructura y los roles de los actores, además de facilitar el desarrollo y el mejoramiento operativo, financiero y ecológico del sistema (Méndez Fajardo Sandra, 2014).

En Colombia la introducción de nuevas tecnologías ha generado un aumento en las ventas, lo que conlleva a que los consumidores quieran reemplazar sus productos tecnológicos por uno nuevo, o que se conviertan en equipos obsoletos, resultando entonces en residuos potencialmente peligrosos y de alto impacto al ambiente y la salud humana (Parra Martínez, 2019). El municipio de Zarzal tampoco ha sido ajeno a esta situación, donde los centros de reciclaje de estos residuos han sido generalmente desconocidos, ocasionando una problemática importante.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad Por lo tanto, realizar una propuesta metodológica para la selección de estrategias de gestión de residuos eléctricos y electrónicos en el municipio de Zarzal, Valle del Cauca con base en la herramienta ANP BOCR (Beneficios, Oportunidades, Costos y Riesgos) con el fin de ponderar para cada una de las alternativas o estrategias de gestión de residuos eléctricos y electrónicos para el municipio objeto de estudio y así contribuya al proceso de toma de decisiones por parte de los actores responsables en manejo adecuado de este tipo de residuos.

61: Modelo matemático para la programación de rutas de vehículos en una empresa comercializadora en el centro del Valle del Cauca

Juan Sebastián Acosta Parra and Andrés Mauricio Paredes Rodríguez

La logística dentro de las compañías se ha convertido en pieza clave para una administración eficientes de los recursos y para el logro de una mayor competitividad en un mercado saturado de incertidumbre y riesgo. Dentro de las decisiones logísticas más comunes para una organización se encuentra el proceso de enrutamiento de vehículos, el cual aunque es un problema bastante estudiado en la literatura, sigue siendo de interés, debido al alto impacto que tiene sobre los costos logísticos. En la presente investigación se plantea un modelo matemático para encontrar la secuencia óptima de visitas a clientes para una empresa comercializadora en el centro del Valle del Cauca, de tal forma que se reduzca el costo logístico total de la operación, al mismo tiempo que se satisfice la demanda del cliente final. Se debe tener en cuenta que el modelo considera una flota homogénea de vehículos, donde estos deben iniciar y finalizar su recorrido en el centro de distribución. Es necesario tener en cuenta que se analizan dos escenarios: el primero donde se tienen en cuenta datos determinísticos para los parámetros definidos en el modelo como lo son capacidad del vehículo y demanda del cliente. En un segundo escenario se establecen datos estocásticos para algunos elementos del modelo y se contrasta el efecto que esta decisión tiene sobre los resultados en términos de costo y la afectación que tiene sobre la secuencia de las visitas a los clientes. Como futura investigación se plantea el uso de algunos métodos heurísticos y metaheurísticos que mejoren la eficiencia de cómputo del modelo planteado, de tal forma que se convierta en una herramienta de gestión para la compañía objeto de estudio.

70: El contrato buyback como mecanismo de coordinación en una cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores en la zona norte del Valle del Cauca

Diego Leon Peña Orozco, Reinel Andres Murillo Agudelo and Andres Mauricio Paredes Rodriguez

La cadena de abastecimiento es definida por (Christopher, 2016) como una configuración integral en la que participan todas las organizaciones implicadas en el proceso productivo y de comercialización de un producto determinado. Aunque las definiciones propuestas para la cadena de abastecimiento son diversas, (Cardenas, 2013) indica que todos los conceptos convergen al propuesto por (CSCMP, 2013), que afirma que la cadena de suministro vincula diferentes compañías que intercambian materiales e información, en un proceso logístico que se extiende desde la adquisición de las materias primas hasta la entrega del producto terminado al cliente final. Es así como la interacción entre proveedores, distribuidores y detallistas conforma una cadena de abastecimiento. Sin embargo, en la literatura se discute sobre el problema de la ausencia de integración en cadenas descentralizadas, como un gran reto a superar en la búsqueda del mejoramiento de la gestión en la cadena. Este aspecto ha sido discutido por autores como (Arshinder k. , 2011), (Li, 2007), (Cachon, 2001), por mencionar algunos, quienes presentan estrategias para la integración de cadenas descentralizadas no coordinadas, de tal manera que permitan romper el conflicto que genera la búsqueda de objetivos individuales de los eslabones que confirman la cadena. Particularmente (Arshinder k. , 2011), aborda el tema desde lo que denomina mecanismos de integración, que van desde el compartir información hasta formular acuerdos de operación a través de contratos, que garanticen la coordinación de la cadena, lo que implica un mejor desempeño económico integral. El problema que se aborda en este trabajo, hace referencia a la coordinación de una cadena de abastecimiento frutícola de tres eslabones, descentralizada no coordinada, para la cual se desarrolla un modelo matemático para la coordinación de los eslabones de la cadena a través de un contrato de recompra o buyback agreement por su

denominación en el idioma inglés. En este sentido se desarrolla un modelo matemático para el contrato buyback que busca maximizar el ingreso de una cadena de abastecimiento de tres eslabones. Se definen escenarios comparativos entre el desempeño actual de la cadena que refleja la ausencia de coordinación y el desempeño con el uso del contrato, que coordina la cadena descentralizada. Los resultados obtenidos permiten concluir que efectivamente el uso de un mecanismo de coordinación como el contrato buyback, logra que los desempeños económicos de la cadena mejoren. Adicionalmente, se realizan variaciones en algunos parámetros y variables del modelo matemático para conocer la sensibilidad del sistema ante la alteración de sus variables. Finalmente, se registra la necesidad de realizar análisis complementarios con la inclusión en el modelo de la vida útil del producto, al tratarse de productos perecederos. Este aspecto queda planteado para investigaciones futuras.

96: Modelo matemático para la localización de colegios distritales en las localidades de Tunjuelito, Bosa, Rafael Uribe, San Cristóbal, Usme y Ciudad Bolívar

Edna Natalia Suárez Castañeda, María Fernanda Lo, Nicole Citarella Camargo and Gonzalo Enrique Mejía Delgadillo

Según cifras oficiales existe un desbalance de cobertura escolar en las diferentes localidades de Bogotá (Colombia). En particular, en las localidades de Tunjuelito, Bosa, Rafael Uribe, San Cristóbal, Usme y Ciudad Bolívar, se evidencian zonas que cuentan con sobre-cobertura escolar, así como otras donde por el contrario existe sub-cobertura de plazas escolares.

Lo anterior permite contemplar la posibilidad de una redistribución de la red de colegios distritales en dichas localidades, con el fin de maximizar su cobertura escolar contribuyendo al objetivo de desarrollo sostenible de la ONU "Educación de calidad", especialmente las metas 4.1 y 4.6 las cuales buscan asegurar que la población en edad escolar tenga acceso a educación gratuita de calidad para primaria y secundaria garantizando que se tengan conocimientos básicos aritméticos.

La solución al problema de desbalance escolar se formula en este trabajo mediante un modelo de programación lineal entera mixta. En este modelo inicialmente se consideraron 32 puntos potenciales para la apertura de colegios de educación primaria y media. El modelo proporciona información sobre el número de colegios que deberían abrirse, su ubicación, tipo (primaria, media o mixta) y cantidad de estudiantes asignados a cada colegio abierto.

En cuanto a la estimación de la demanda se consideraron puntos dentro de cada Unidad de Planeación Zonal (UPZ) para cada localidad.

Para la formulación del modelo se tuvieron en cuenta restricciones tales como radio de cobertura para la asignación estudiantes, capacidad de cada colegio y cantidad asignada de cada punto de demanda a cada colegio, asimismo un punto de demanda puede ser atendido por más de un colegio, por lo que, los estudiantes de una UPZ pueden ser atendidos por colegios diferentes.

En experimentos preliminares se contempló una capacidad de 1500 y 2000 estudiantes para educación básica y media respectivamente para cada colegio. Así mismo, se tuvo en cuenta un límite de 16 colegios cada uno con un radio de cobertura de 5km obteniendo un 10,82% de cobertura.

También se realizó un análisis de sensibilidad respecto al número de colegios a abrir, identificando que es un factor determinante en la cobertura pues aumenta proporcionalmente conforme mayor sea el número de dichos colegios: No obstante, dicho valor depende de factores ajenos al estudio como el presupuesto disponible, a pesar de que es un factor fundamental al evaluar la viabilidad del proyecto.

El modelo incorpora los colegios existentes en las localidades con el fin de evaluar su ocupación y cobertura, así como analizar la sensibilidad existente en el radio de cobertura de los colegios y la capacidad y así identificar su relevancia dentro de éste. Finalmente, en cuanto a estudios futuros, el modelo puede modificarse para que se adapte al plan de desarrollo distrital e incluir aspectos como el presupuesto y el costo de implementación

100: SIC: An Intelligent Packing System with Industry-Grade Features

Juan Pachon, Juan Martínez and David Álvarez

Optimal container loading provides efficiency, lower costs, and fundamental benefits for any supply chain. However, obtaining these benefits remains an unsolved problem for many companies. SIC (Sistema Inteligente de

Cubicaje, Intelligent Packing System in English) has been developed with the user in mind, with extensive possibilities for creating, defining, saving, editing and exporting container loading instances by performing clear, precise and concise interactions. SIC is a consumer-grade open-source application developed using the Unity game engine that generates packing patterns from user-defined instances of the Container Loading Problem (CLP). SIC can create packing patterns for boxes and convex polyhedra employing optimization algorithms. SIC also intends to contribute to the development of new CPL algorithms since its modular structure allows the optimization engine to be easily changed, thus allowing the academic community interested in CPL to save time in creating software, focusing that time on conceiving better solution algorithms. The default optimization modules included in SIC for boxes and connected polyhedra have been tested against the best methods in the literature, showing similar results in run time and container usability. For the future of SIC, we intend to create a web application so that users can run it from any computer, allowing them to access their loads and load spaces. Additionally, it pretends to include more complex CPL constraints.

106: On finding the most reliable routes on stochastic and time-dependent networks

Daniel Yamin, Andrés Medaglia and A. Arun Prakash

The problem of finding the most reliable routes on Stochastic and Time-Dependent (STD) networks refers to determining the time-adaptive strategy and a prior path that maximizes the probability of on-time arrival at the destination. To find the Maximum Probability of On-time arrival Strategy on STD networks (MPOS-STD), we present a label-correcting algorithm that benefits from a node-time pairs queue implementation. We prove the correctness of the method and derive its polynomial time complexity. To find the Maximum Probability of On-time arrival Path on STD networks (MPOP-STD), we present an exact method based on an implicit enumeration of the solution space. Several acceleration strategies enhance the algorithm, including a bidirectional search, a network reduction rule, and an effective dominance criterion. An extensive set of computational experiments over real-world large-scale transportation networks show that the algorithms perform well against state-of-the-art methods.

II en Gestión de Operaciones y sistemas de producción, Ingeniería de la calidad, ergonomía, factores humanos, seguridad y salud ocupacional

28: El impacto de las recomendaciones y el contenido de las redes sociales en los hábitos de consumo de los colombianos durante el confinamiento

María Fernanda Acosta Santos, María José Domínguez Morales, Heidi María Echeverri Flórez and Huellas Industriales

El confinamiento generado a raíz de la pandemia del Coronavirus, fue un hecho que impactó en el contexto que se vivía en el mundo a los inicios del dos mil veinte, desde la forma en que se trabajaba, la manera en la que se estudiaba, hasta los tradicionales encuentros con la familia, cambiaron a un ambiente más distante, llevando a las personas a tal punto de evaluar las distintas alternativas que les estaba ofreciendo el mercado para realizar una compra, hecho que lograría impulsar el crecimiento del e-commerce en Colombia². Lo que a su vez expuso el comportamiento de consumo de los colombianos a un gran cambio, teniendo las estrategias de marketing digital un enorme peso en esta toma de decisiones, debido al aumento de, principalmente los canales de distribución, dentro de los cuales se encuentra la intensificación del uso de las plataformas digitales³, junto al nacimiento de un fenómeno como lo fue, una nueva red social de videos cortos, la cual estaba enfocada en primera instancia en el entretenimiento, pero así, como ha sucedido con otras redes sociales, está con el tiempo se posicionó como un nuevo canal de comunicación con los consumidores, ayudando de esta forma mediante la adaptación de contenido a su mercado, al crecimiento de pequeñas y medianas empresas en medio de la crisis.

En función de lo planteado, de alguna u otra manera los cambios a los que se vio expuesto el entorno de las personas impactaron en gran medida en su rutina diaria, convirtiendo en muchos casos a los aparatos electrónicos en protagonistas⁴, y a su vez a las redes sociales, donde se exponía cada vez

más información, recomendaciones, anuncios, entre otras, llevando a unos a comprar cada vez más y a otros a abstenerse de hacerlo.

Dicho esto, se buscó estudiar en qué medida influyó la situación de encierro junto a las redes sociales en los hábitos de consumo de los colombianos. En relación con el ambiente que se percibía desde el lado del consumidor, con la gran oferta que cada día era ofrecida, nace la necesidad por conocer los cambios desde su perspectiva; se elaboró un cuestionario semi estructurado, de manera virtual, para extraer estadísticas acerca de las tendencias de hábito en compras, ya bien sean responsable, sostenible, impulsivas, preventivas, ahorrativas, o en su defecto por tendencias momentáneas, provocadas por el contacto diario a la información en redes sociales, dada la situación presentada. Detalladamente, con la ayuda de esta se analizó, en suma, la comparación de gastos antes del confinamiento, en contraste con la actualidad, se determinó en qué proporción destinan el dinero las personas para sus compras y que tan responsable es su consumo; A su vez cómo se vio reflejado el impacto en las empresas, debido al aumento de demanda en algunos sectores productivos, así como también la necesidad en nuevas líneas de mercado, que trajo consigo la apertura de más empresas. Esta información será de ayuda para evaluar los nuevos hábitos e implementar medidas para mantenerlos o mejorarlos según sea pertinente.

53: Estandarización de procedimientos en el área de acondicionamiento y en área de producción de inyectables en la empresa

Samuel Abreo Orozco, Santiago Buitrago Duarte and Catalina Yepes Toscano

La empresa tiene como propósito fabricar productos farmacéuticos de uso veterinario con excelente calidad, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los clientes internos y externos en el área de la salud, con un respaldo científico y técnico; brindando confiabilidad con responsabilidad social y ambiental.

Se encontraron problemas en el área de acondicionamiento en el procedimiento de termosellado, el cual no estaba estandarizado de la manera en que se hacía y había demoras en el procedimiento. También problemas en la parte de codificado de etiquetas, por lo cual se debía buscar una manera de estandarizar este procedimiento para disminuir errores en el conteo y codificación de las etiquetas.

Por otro lado, en el área de producción de inyectables, al ser un área nueva, no había un diseño de puestos de trabajo ni tampoco una organización en cuanto a las actividades que debía hacer un operario cada día, por ello, no se podía empezar con la producción.

Con el proyecto se pudo estandarizar los procedimientos en el área de acondicionamiento de la empresa, logrando disminuir los tiempos de termosellado de 7,56 segundo por envase a 5,01 segundos. Logrando una mejor eficiencia en el proceso y poder cumplir más fácilmente con los objetivos de producción del día.

También, se logró diseñar los puestos de trabajo en el área de producción de inyectables. Para una estandarización de los procedimientos en el área. Además, se estableció el número de procedimientos que debe hacer cada operario. Por lo cual, dependiendo de número de operario le toque, tendrá unas actividades en específico.

Al realizar este proyecto, se obtuvo conocimientos en sobre la realización de una línea de producción en una empresa desde cero, además de la búsqueda de implementar metodologías de estandarización en las pequeñas y medianas empresas

66: Mejoramiento de la sostenibilidad en un sistema agroalimentario. Caso aplicado para la cadena de producción de Cacao en Arauca

Karla Tatiana Parra Parias

El cacao es uno de los cultivos más promisorios para el desarrollo de la agricultura en Colombia. En los últimos años su producción ha aumentado, específicamente en el departamento de Arauca, una región que reúne las características físicas, ambientales y sociales para producir un excelente cacao y por tanto chocolate, que es uno de sus principales productos derivados. Actualmente, este cultivo enfrenta numerosas dificultades que afectan su calidad. Los productores tienen que lidiar con baja productividad, calidad insuficiente por concentraciones no deseables de cadmio que resultan de la inadecuada gestión del suelo y, en mayor medida, con la baja disponibilidad de tecnologías eficientes para la producción. Alrededor del 78% de los cultivos de cacao en el país han adoptado un nivel inferior de

tecnología y los productores solo realizan las tareas básicas de cosecha, control de malezas y poda. Para optimizar entonces las operaciones de producción y aumentar la sostenibilidad en los cultivos, esta investigación propone un nuevo modelo de producción para las operaciones pos-cosecha a través de una central de transformación colectiva donde algunos productores de cacao en el departamento de Arauca, de forma controlada y estandarizada, realicen los procesos de fermentación y secado para generar granos de cacao con una calidad superior. Esto implica un reto particular pues es necesario resolver algunos aspectos logísticos, económicos y sociales en el proceso de implementación de la central: ¿cómo será el transporte de los granos de cacao desde las fincas al centro de transformación? ¿Cuántos granos de cacao son requeridos para el buen funcionamiento de la central? ¿Cuáles son los costos asociados?, entre otros. Esto, será soportado en modelos analíticos y sistémicos que incluyan prácticas de Economía Circular-EC, por ejemplo, modelos de optimización de operaciones, simulación sistémica y análisis de datos. Actualmente, la investigación se encuentra en desarrollo para 180 productores de cacao en los municipios de Saravena, Tame, Fortul y Arauquita en el departamento de Arauca.

95: Metodología de integración de variables para un modelo transdisciplinar de productividad

Gisela Monsalve

En este artículo se describen las etapas para la formulación de un modelo transdisciplinar de productividad a partir de la integración de variables exactas, sociales y humanas previamente seleccionadas en una investigación doctoral. El conjunto de factores sociales se clasifica de acuerdo con la identidad de las personas y su interacción en ambiente grupal; asimismo, las variables exactas se relacionan con los procesos, sus recursos y el Gobierno. Las etapas constituyen como tal la metodología desarrollada. Dentro de los resultados están la obtención de las variables relevantes a partir de la correlación de los valores agregados de la validación aplicada y la formulación del protocolo del modelo. Como trabajo en desarrollo se encuentra la modelación matemática.

102: Critical success factors and proposal of a hierarchical structure in the implementation of Lean Six Sigma in manufacturing SMEs in Colombia

Martha Corredor-Rojas, David Álvarez-Martínez and Fidel Torres

Research on Lean Six Sigma (LSS) in SMEs in developing countries is scarce. This study characterizes the level of implementation of LSS in manufacturing industrial SMEs in Colombia, identifies, prioritizes, and validates the critical success factors (CSFs) in its implementation, and proposes a hierarchical structure according to its prioritization to facilitate the adaptation of LSS in this type of companies. The proposed methodology includes a bibliographic review, a conducting survey on the manufacturing SMEs to identify the CSFs, and a statistical validation of the CSFs. The latter uses both psychometric techniques and factor analysis to validate the complete factorial structure of the CSFs. Based on the integrated analysis of the results of the previous phases, an implementation proposal is presented that ranks the CSFs. In the validation phase, concordance relationships were found between the values of statistical estimators and the conceptual meaning of constructs that facilitated comparisons, substitutions or objective exclusions of variables and factors, which validates the used method. A previous application of this method for LSS in SMEs is not known. The approach of prioritizing CSFs to implement LSS in SMEs is expected to have practical functionality for future applications in manufacturing SMEs in developing countries.

#120: A Flexible Job Shop Scheduling Problem: An industrial case study in Colombia

Luis Soto, Camilo Quiroga and Karen Niño

This paper studies a Flexible Job Shop Scheduling Problem into an appliance Colombian company. Unrelated parallel machines, availability and precedence conditions are considered. The study is focused on the minimization of makespan as an objective function and a problem decomposition to get better results is also proposed. Different scheduling approaches are tested including a modified non-delay method. As a result, a significant improvement over the current real indicators from company is obtained as well as cost on workforce are saved.

II en Innovación, emprendimiento, economía y finanzas

30: Incidencia de la globalización en el desarrollo cultural y artístico de Lorica desde sus inicios hasta la actualidad

Andrés Velásquez Hernández, Danela Arteaga Isaza, Heidi María Echeverri Flórez and Huellas Industriales

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo con el propósito de describir cómo ha incidido la globalización en el desarrollo cultural y artístico de Santa Cruz de Lorica desde sus inicios hasta la actualidad. Fue realizado a través de un tipo de investigación descriptiva desde una perspectiva histórica y tuvo como lugar de estudio el municipio de Santa Cruz de Lorica, donde con el pasar de los años se ha observado un proceso de transculturación y avance social, el cual ha sido uno de los principales factores generadores de cambio en el modo de percepción y práctica del arte y cultura, proceso en el cual, paulatinamente se deja de lado la insignia cultural original de la urbe. El principal concepto abordado es la influencia que ha tenido la cultura de Santa Cruz de Lorica con la importación y absorción de otras culturas, dentro de la cultura e idiosincrasia de la población local.

33: CEFF Color: Children's expression of feelings full of color

Danna Mishell Durango Lozano, Heidi María Echeverri Flórez and Huellas Industriales

CEFF COLOR es un producto eco diseñado, que nace teniendo en cuenta el diseño biomimético inspirado en los animales y sus colores, información que fue verificada a través de la aplicación de un mapa de empatía a 150 niños entre los 5 y 10 años de edad.

CEFF es un animal con características físicas y habilidades especiales que lo hacen único. Estas características fueron seleccionadas a partir de la construcción de un diferencial semántico con 35 pares de adjetivos de 600 palabras que se tenían disponibles para identificar productos infantiles. Utilizando el método KANO se creó finalmente el producto que tiene como función convertirse en el mejor amigo del usuario final, entendiendo el término "mejor amigo" como el ser con quien comparte tiempo y a quien puede contarle cómo se siente. CEFF es un animal con sensores de movimiento y colores, escogidos estratégicamente de acuerdo a la psicología del color, para representar una emoción diferente. Una de las habilidades de CEFF es cambiar de color como un camaleón según la emoción que esté teniendo el niño y como buen mejor amigo, él intentará exaltar o apaciguar la emoción, según sea el caso; esto lo hace a través de un mensaje en la pantalla ubicada en su estómago, y una música personalizada según el gusto e impacto en el niño. Es importante resaltar que CEFF debe ser configurado previamente por los padres, quienes buscan satisfacer sus necesidades en cuanto a una herramienta de acompañamiento, seguimiento y apoyo a sus hijos en el tiempo que ellos permanecen en el trabajo y como una respuesta al problema de no poder compartir con ellos y el desconocimiento en el manejo de las emociones.

CEFF está vinculado al dispositivo móvil de los padres a través de una aplicación, en la cual se le notifica cada vez que el niño presione una emoción, dándoles así un panorama a los padres de las experiencias vividas por el niño a lo largo del día, lo cual creará una oportunidad de comunicación y afianzamiento de su relación.

La finalidad de CEFF entonces es identificar los niveles de alexitimia (Incapacidad de expresar las emociones) presentes en los niños y buscar disminuirlos de una forma divertida, llamativa, confiable y sobre todo segura. No está demás aclarar que no es solo un producto para niños con alexitimia, puesto que CEFF también puede facilitar la identificación de otras condiciones como: bullying, violencia y depresión en entornos escolares o familiares.

49: La influencia de la apicultura al crecimiento económico multisectorial

Josueth Meza and Mayra Cantos

Cicerón mencionó que: La Agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada del ignorante y la ocupación de todo hombre libre. Siendo esta una de las actividades económicas más determinantes en el desarrollo económico de los países, y en el Ecuador no podía ser la excepción.

Como lo menciona (Cuadrado Roura, y otros, 2006), los objetivos económico-sociales son la concreción de fines generales entre ellos implican una cuantificación de lo que se pretende con la finalidad de mejorar el bienestar económico de las naciones. Siendo la agricultura el motor de los países y con una visión del desarrollo sostenible como mencionan múltiples autores enfocarse en una actividad económica poco explotada con alta rentabilidad, mínima inversión y el incremento de productividad, como la apicultura un objeto de estudio apropiado sobretodo por la influencia de la misma en el crecimiento económico multisectorial.

En concordancia con (Huerta, 2008), la apicultura es una actividad económica muy adecuada para el desarrollo y por esto múltiples gobiernos han realizado tareas para ayudar al crecimiento de esta actividad que influye en la agricultura como esta mencionado en (Saha, 2002) (Revista Lideres, 2018). La apicultura genera productos y renta, ayudando a mejorar el medio ambiente por la polinización de las plantas, mejorando su productividad (Huerta, 2008).

Es necesario establecer la importancia, de las abejas, en la naturaleza y como productoras de nutrientes y alternativas a los fármacos de eficacia comprobada (AGROCALIDAD, 2020), el primer paso para ello es concientizar a la colectividad sobre el papel que cumplen las abejas en favor de la salud y la agricultura, tanto en la producción de forrajes, como de frutos, acrecentando el rendimiento (MAG, 2015). La subutilización del recurso suelo y la mala distribución de los alimentos causa un déficit alimentario en el mundo que crece de manera proporcional a la población humana.

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua – ESPAC, la superficie total de suelo, en el año 2021 es de 12,32 millones de hectáreas, de las cuales 5,29 millones de hectáreas se encuentran bajo labor agropecuaria (permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales), de los cuales el 41,83% es de cacao y el 37,12% corresponde a cultivo de maíz duro seco y 7,03 millones sin uso agropecuario (montes, bosques, páramos, descanso y otros usos no agropecuarios), que representan el 47,91% del total nacional de montes y bosques, (INEC, 2021).

En el Ecuador se cuenta con 2034 apicultores, se pretende mediante programas del Ministerio de Agricultura y Ganadería aumentar este número y dar apoyo a los agricultores para incrementar a un impacto de 1300 familias beneficiadas de estos programas (Bernal, 2021), a pesar que no se cuenta en Ecuador con una política pública orientada específicamente a los apicultores y dicha actividad económica, existe una necesidad de desagregar los componentes de esta actividad para demostrar el impacto causado en la economía de un país mediante la generación de rentas por actividades apícolas conjuntamente con el impacto al incremento NATURAL de productividad en las actividades agrícolas de las naciones (Huerta, 2008) (Revista Lideres, 2018) (Saha, 2002) (Salas, 1998) como lo han hecho países como: Bangladesh, Argentina, Costa Rica, entre otros.

78: Financial risk analysis for a specialized dairy farm project and impacts of government interest rate subsidies

Juan Antonio Martínez and Kathleen Salazar

The increased popularity of specialized dairy farms, mainly in the Colombian Andean region, represents an investment opportunity and a contribution to national agricultural growth. In this way, the effort to strengthen the livestock legacy, especially by young entrepreneurs, focuses on technified facilities that bet on improving production conditions for farmers, but at the same time, that contribute to the development of the local dairy industry. On the other hand, the dealers of dairy products, together with government entities, have been improving conditions for their producers through financial facilities and incentives for good live-stock practices. It seeks to encourage interest in investment in Colombian agriculture, especially in dairy farms.

This work aimed to evaluate the financial feasibility of the installation and operation of a specialized dairy farm in Colombia. Based on projected cash flows, financial evaluation criteria were calculated for two credit line scenarios. Additionally, through the use of the RiskSimulator simulation software, risk analysis, and a sensitivity analysis were carried out to evaluate the cash flows from the investor's perspective, as well as to identify the critical variables for the success of the project. The results indicated the feasibility of implementing the dairy unit from the investor's perspective, using the government financing option (Finagro). It was also identified that the costs related to cattle feeding, the sale price of milk, and the amount of milk produced are the variables to which the project indicators are most

sensitive. Therefore, they are generating the greatest source of volatility in the project.

109: Copula, Quantile Regression and Singular Decomposition for Linear and Non-Linear Index Insurance Models in a Volatile Weather Region

Adriana Abrego

This paper analyzes the risk-reducing effectiveness through lineal correlation and bivariate-copula with quantile regression methods of two weather-related index insurance models for coffee production in a highly-volatile weather village in Colombia. The purpose of this paper is to support the advantages that non-linear index insurance models pose in front of linear models to lower basis risks and premiums by using basic data in their construction. Employing monthly coffee yield data (2007-2020) and Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) derived from satellite data, two models are compared: a linear payoff model structure with singular spectral decomposed series and, a bivariate copula approach in which the Marginal Expected Shortfalls (MES) are derived according the thresholds and limits from a quantile regression. Both models are compared to assess their hedging efficiencies (HE). The results show that for the region studied, the bivariate copula approach, reaches higher rate efficiencies, compared to linear payoffs structures.

The findings suggest that copula and quantile regressions can be an effective risk management tool to hedge the risk in coffee crops, which is characterized by highly levels of present and future financial risks. Hedging efficiencies in non-linear models doubles the efficiency of the linear models, reaching fair premiums more accessible to farmers. However, future studies could include extensive time periods, which means to have productive and yield crop data available, which most of the times, represent a constraining factor to pursue research in low-income economies. As far, this study serves as a reference point to draw more discussion and delve more about the dependence structures between indices and crop yields geared to lower basis risk and make more affordable insurance products in low-income economies.

II en Logística de Salud, en Logística Humanitaria y en Sostenibilidad

27: MINGO: Sistema Integral de Captación y Tratamiento del Recurso Pluvial – Recolectando Gotas de Esperanza

Jose Andrés Lengua Díaz, Heidi María Echeverri Flórez and Huellas Industriales

En Colombia, alrededor de 6,5 millones de personas no tienen acceso a agua potable. Situación similar al departamento de Córdoba, donde las personas ubicadas en la zona rural son las más afectadas. Mingo constituyó una alternativa de solución inspirada en la necesidad de agua potable insatisfecha de la población rural en la Vereda Los Venados-Campanito en el municipio de Cereté Córdoba. Este brindó a los hogares la posibilidad de establecer reservas de consumo mediante la captación y tratamiento del agua lluvia, dejando atrás necesidades insatisfechas por el no acceso al servicio potable. Mingo fue un proyecto estructurado en tres fases. La primera de ellas consistió en un sistema de captación del agua lluvia en techo, aprovechando la estructura física de las casas que a su vez se complementó con un sistema de tubos interconectados para facilitar el flujo y almacenamiento del líquido. La segunda parte del proyecto constituyó la fase del tratamiento al agua lluvia recolectada mediante el uso de la tuna o nopal (*Opuntia ficus-indica*, por su nombre científico) planta que, por sus propiedades, al ser mezclada en el agua turbia, al paso de 2 horas la convirtió en agua limpia lista para ser filtrada. El tercer momento del sistema integral estuvo conformado por el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones al incluir un aplicativo móvil como método de acompañamiento e información en los procesos de implementación de las etapas anteriores, siendo el apoyo directo del usuario en cuanto a las vías de hecho al haber ejecutar el sistema en su hogar. Mediante Mingo la calidad de vida de las personas de la comunidad de Los Venados-Campanito se dignificó gracias a que el proyecto les permitió cambiar los largos desplazamientos a comunidades vecinas para conseguir agua potable, por obtenerla en su mismo hogar aprovechando el gran nivel de pluviosidad en su ubicación geográfica.

32: Ecumbrella: dispositivo parasol con sistema integral de captación de energía solar

Natalia Romero Negrete, Zayed Milled Monroy Dumett, Heidi María Echeverri Flórez and Huellas Industriales

La globalización ha permitido la integración de las economías en el mundo, específicamente por medio del comercio y los flujos financieros, sin embargo, es importante entender cuáles son los efectos de la globalización en la vida de las personas, la dependencia y las tendencias consumistas puesto que ahora se adquieren productos con mayor facilidad, de bajo costo y de rápido consumo, del mismo modo se tiene en cuenta el crecimiento exponencial de las nuevas tecnologías en las últimas décadas, el sobre consumo energético que ha incrementado el uso de recursos naturales no renovables causando emisiones contaminantes. El pensamiento verde de productos eco amigables, servicios sostenibles y energía renovable ha tomado fuerza, contemplando el mal uso de los recursos naturales y sus efectos.

Con Ecumbrella se pretendió el aprovechamiento de los recursos naturales específicamente la energía solar, contribuyendo al desarrollo tecnológico y el ahorro de energía eléctrica convencional siendo conscientes de la zona geográfica que se toma como punto de partida y el consumo excesivo de energía que se genera dado las condiciones climáticas. Para su elaboración se tuvo en cuenta una de las metodologías del ecodiseño el cual permite que el servicio que presta un producto sea óptimo y así mismo la gestión de los recursos más eficiente, contribuyendo a la prevención de la generación de residuos y la minimización de la contaminación y los riesgos medioambientales, este debe guardar ciertas características de modularidad, multifuncionalidad, reducción de componentes, uso de materias renovables y de bajo impacto ambiental.

De acuerdo con el concepto de ecodiseño se encuentra una metodología que busca soluciones sostenibles en la naturaleza y se nombra diseño biomimético, este se llevó a la práctica tomando como inspiración un hongo macrolepiota y con el cual se hizo un prototipo a pequeña escala que representa un dispositivo parasol que tiene paneles solares en la parte superior, capta la energía solar y luego sirve como energía eléctrica por medio de tomacorrientes.

Este prototipo se llevó a consideración con un muestreo por conveniencia a 80 personas de la población del municipio de Montería- Córdoba, en el cual se tomó como base la utilización de cuestionarios semi estructurados de manera virtual y presencial los cuales nos proporcionaron un conjunto de información necesaria para conocer la percepción e impacto del producto en el consumidor, esto nos permitió llevar a cabo un estudio de diferencial semántico en el cual se extrajeron 600 adjetivos escogiendo 35, los cuales se consideran destacados en el prototipo y se reflejan en el pliego de condiciones el cual exige que Ecumbrella sea un producto sostenible, impermeable, resistente, funcional, de larga vida útil, que se apoye en la ley 1715 del 2014 y por supuesto, que elimine el uso de energía eléctrica convencional y se adapte a un sistema de captación de energía solar.

Este proyecto apoya el objetivo número 7 de la agenda 2030 sobre los ODS, el cual busca que se cumpla la energía asequible y no contaminante, reutilizando, haciendo buen uso de los recursos naturales, mejorando hábitos e implementado tecnologías de energía renovable que muestran un futuro prometedor.

40: Promotion of new habits in the inhabitants of Bogotá D.C to mitigate climate change: From an Evolutionary and Social Systems Engineering Approach

Juan Sánchez, Natalia Rincón and J. Sebastian Escobar

Currently, there is a high probability that the planet earth will not be habitable by 2050. Taking into account the new climate change report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, which mentions that if carbon emissions do not fall after 2025, the inhabitants of the earth will experience devastating effects due to heat waves, forest fires, hurricanes and increasingly extensive droughts. Likewise, governmental efforts are being made around the world to mitigate climate change, but here we want to understand how much resistance people have to change their habits for those that contribute to mitigate the impact on the environment. According to the mentioned above, this research project focuses on the city of Bogotá D.C. since it is the most populated city in Colombia, and therefore presents a high risk of climate change due to the increase in temperatures, which can

generate a significant risk for the inhabitants of the city. In addition, there would also be a change in the rainfall regime generating an in-crase throughout the city, which would cause various floods. Based on the aforementioned, the engineering problem is to formulate a strategy to promote habits and routines in Bogotá D.C. that mitigate climate change.

47: Predicción de la productividad del cultivo de cacao en el Meta (Colombia)

Juan Camilo Pico-Garrido and Alfaima L. Solano-Blanco

Motivados por la necesidad de los agricultores de estimar la productividad de sus cosechas de cacao para tomar decisiones que mejoren el desempeño de su cultivo, proponemos una metodología basada en Machine Learning (ML) y simulación de Monte Carlo para predecir la productividad de cultivos de cacao en el Meta a partir de datos meteorológicos e información recolectada en siete cultivos de la región. En primer lugar, presentamos un método para generar una muestra de datos meteorológicos basados en información histórica de la región y de datos de productividad de cacao basados en un modelo de simulación fisiológica. Esta muestra compone los datos de entrada a un modelo de ML que recoge las relaciones entre los factores meteorológicos y predice tanto la productividad anual como la brecha entre la productividad potencial y limitada de un cultivo de cacao. Luego, realizamos una simulación de Monte Carlo de acuerdo con las condiciones meteorológicas y características específicas del cultivo para estimar la productividad teórica acorde a cada cultivo. Finalmente, utilizamos la brecha estimada por el modelo de ML para predecir la productividad limitada de los cultivos presentes en el caso de estudio en Meta, Colombia. El modelo propuesto requiere del 0.04% del tiempo computacional con respecto a las estimaciones realizadas por el modelo de simulación fisiológica y predice las estimaciones anuales de este con una precisión del 98.0%. La metodología permite evaluar oportunidades de mejora en la cadena agroalimentaria del cacao por lo cual representa un insumo importante para la toma de decisiones en cuanto a implementación de tecnologías que permitan la sostenibilidad de los agronegocios.

81: Percepción sobre producción y consumo responsable: paralelo desde la cosmovisión indígena Ancestral Nasa y la Logística

Gloria Milena Osorno

Las complejas relaciones entre los seres humanos y la naturaleza han desencadenado una serie de eventos que tienen como consecuencia la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático. Se requiere cambiar las formas de aprender, hacer, producir, distribuir y consumir para generar estrategias de transformación sostenibles que contribuyan a una buena relación con la tierra. Este proyecto en curso pretende reconfigurar la percepción sobre producción y consumo de los estudiantes de logística de la Unidad Central del Valle del Cauca a partir de un proceso comprensivo con participación de la comunidad Nasa. Por lo tanto, se requiere caracterizar la percepción en ambos contextos sobre producción y consumo responsable. En este sentido, la comunidad Nasa tiene un saber que puede servir para mejorar los procesos de formación de los Ingenieros Industriales en el campo de la logística y por su parte, los Ingenieros Industriales tienen un saber técnico que puede servir a la comunidad Nasa para mejorar los procesos logísticos que llevan a cabo en sus sistemas productivos. La metodología propuesta para este proyecto toma como base la Investigación Acción Participación (IAP) que parte del paradigma sociocrítico y tiene cuatro principios: 1) el problema entre el pensar y el ser; 2) la formación del conocimiento; 3) iniciar el camino hacia la práctica mediante el paso de los esquemas mentales y de pensamiento; 4) la igualdad entre la teoría y la práctica. El método IAP propone trabajar en relación a tres dimensiones: 1) el diagnóstico; 2) la acción y 3) sistematización y devolución sistemática como medio para llegar a comunidades y rescatar saberes. La fase de diagnóstico toma como punto de partida la revisión de la literatura sobre modelos para caracterizar la percepción sobre producción y consumo responsable a la vez que explora los principales elementos de la logística que componen los modos de producción y de operaciones de la comunidad de Nasa tales como el sistema Tul de producción a pequeña escala, la estrategia comercial de las Mingalerías cuyo objetivo es el de llevar los productos frescos y orgánicos cosechados por la comunidad indígena hasta el consumidor final. En este espacio participan las iniciativas de transformación de todos los resguardos indígenas relacionados con la comercialización de productos como el café, la panela, jugos, harinas,

lácteos y plantas medicinales. Además, la experiencia del sistema de Trueque como estrategia de comercialización de productos sin uso del dinero. Todo lo anterior permitió realizar un paralelo entre las operaciones logísticas que hacen parte de la cosmovisión indígena Nasa y las operaciones de una logística tradicional. Identificando ventajas, desventajas, métodos y estrategias que pueden ser incorporadas en nuestros sistemas de producción y consumo como punto de partida e integración entre el conocimiento ancestral y el conocimiento científico.

90: Predicting medicine administration times in the inpatient ward using data analytics

Cristian Jaimez and William Guerrero

Today's hospital systems are looking more than ever to make improvements in their internal processes to provide the best possible care for patients in their facilities and are turning to various management techniques such as Lean Healthcare and Analytics. This study describes the process of analyzing data about activity times and wastes for medicine administration, which is one of the most important activities of nursing care, and the construction of a predictive model. The methodology carried out in this research is a data collection of the medicines administration process and the patient to whom they are administered, observing whether there is waste or not. Subsequently, this information is integrated into a linear regression model for the estimation of working time, validating the corresponding assumptions. All this in order to develop better management in hospital wards. Regression models were constructed from a sample collected in the hospital wards with the epidemiological profile of the patients, and it is shown that the variables of the same come to generate an impact on the execution of the work. Finally, for future work, these models can be refined by including variables from the care environment and other activities, validated by professional nurses and linked to moments of nursing care.

105: Perspectives of operational research for modeling and analysis of agricultural production systems

Nestor Enrique Caicedo Solano, Guisselle Adriana García Llinas and Jairo Rafael Montoya-Torres

Agriculture is experimenting economic and environmental challenges and the need to make decisions on improving performance and use of resources reductions as a priority. It is hence necessary to implement tools to aid decisions at strategic, tactical and operational levels. The current paper reviews existent literature with an emphasis on crop production systems and agricultural chain management, including planning, production, inventory management, and conditions of transport and distribution. The focus was planning, production techniques, operations and re-sources management. In contrast to narrative reviews, this paper follows a systematic protocol to avoid bias and allows replicability. Findings show that a high percentage of works emphasizes on hypothetical Operational Research (OR) models and optimization techniques that simplify the real problem with strong assumptions on isolated applied cases. These do not consider the integration of production, quality, food security, sustainability and risk conditions of a supply chain and many works only have been oriented to one echelon of the chain. Finally, the studies on agricultural production systems are based on some mathematical programming approaches, heuristics and artificial intelligence, but several are not applied or implemented in agricultural production. This paper also identifies key challenges and proposes opportunities for future research.

II en Transporte, Logística y Cadena de Suministro

34: Heurística de dos fases para la planeación del Abastecimiento de Alimentos de frutas y verduras para los tenderos de Mosquera

Oscar Javier Herrera Ochoa and Andres Mauricio Hualpa Zuñiga

La aplicación de modelos para la toma de decisiones es clave para marcar la diferencia en cuanto a eficiencia y productividad en cadenas de suministro se refiere. Por lo cual, en este estudio se presenta una heurística en la que primero se establecieron grupos o clúster para posteriormente encontrar la ruta óptima de cada grupo mediante un modelo de redes. Dichas técnicas fueron establecidas de manera novedosa para resolver el problema de la planeación operativa del proceso de abastecimiento de frutas y verduras para

los tenderos del municipio de Mosquera Cundinamarca, minimizado los costos totales de distribución.

Partiendo por la descripción de los diferentes modelos para la gestión de la cadena de suministro, se tomó como referencia el método heurístico de dos fases, específicamente el de primero agrupar y después rutear. Este método permite resolver problemas complejos de ruteo de vehículos que tardarían bastante tiempo en encontrar una solución óptima. (Dillarza & Olivares, 2016). Por otro lado, resolver modelos grandes de ruteo de vehículos a través de programación lineal y entera muchas veces no es viable desde el punto de vista computacional ya que son modelos de optimización combinatorios que a medida que crece la complejidad de estos aumenta exponencialmente el tiempo para su solución. Por esto, “es muy común el uso de heurísticas y metaheurísticas que ofrecen soluciones relativamente cercanas al óptimo en un tiempo considerablemente menor” (Arboleda, Heredia, & Orejuela, 2018).

Dado lo anterior y teniendo en cuenta que para este caso se tiene gran cantidad de tenderos y diferentes variables que se deben asociar como: capacidad, día de abastecimiento, distancias, tiempos y costos; se creó un método específico para la agrupación teniendo en cuenta la demanda, cercanía que existe entre las tiendas, y frecuencia de abastecimiento. Posteriormente, se desarrolló un modelo de ruteo capacitado para cada grupo basado en la teoría de redes. Finalmente, se estableció una mejora significativa en el desarrollo de las actividades de abastecimiento sobre el objeto de estudio práctico, donde se tiene aproximadamente un 69.6% de ahorro en costos frente a la manera como se desarrolla dicha actividad en la actualidad.

77: A lookahead approximation for the inbound purchasing inventory routing problem with perishable products

Juan-Pablo Rodríguez-Rojas, Juan-Manuel Betancourt-Osorio, Alejandro Mantilla-Redondo, Daniel-Hernando Cuellar-Usaquen, Camilo Gomez, Marlin Ulmer and David Álvarez-Martínez

We present the stochastic-dynamic inbound purchasing inventory routing problem with perishable products (SD-IB-PIRP-PP) for agri-food supply chains in e-commerce. This problem considers integrated purchase, inventory, and transportation decisions regarding the procurement from a distributed set of suppliers (farmers) to satisfy the stochastic demand for agricultural products. The decisions are made in a dynamic environment wherein suppliers at different locations offer subsets of a set of perishable products with time-dependent prices and available quantities. Products' demand is realized at the beginning of every period, and only forecasts are known ahead of time. We adopt an approximate dynamic programming approach based on a mixed-integer programming formulation embedded within a rolling-horizon procedure and aided by metaheuristic subroutines for routing. We also develop an instance generator that extends the logic of existing sets of instances to our problem's stochastic and dynamic features and evaluates the benefits of the proposed approach (a lookahead approximation) in contrast to myopic decision strategies. Computational experiments on the generated instances evidence the benefits of the lookahead approximation to address stochasticity in the proposed variant of inventory routing planning. These results motivate further research on applying approximate dynamic programming in the context of integrated supply chain management. Ongoing work is devoted to adding more realistic problem features (e.g., stochastic prices and availability of products) and developing solution algorithms that mitigate the computational burden that extends the modeling horizon.

83: Model proposal for potato distribution in the regions of Bogotá, Colombia and Cochabamba, Bolivia

Camilo Ernesto Bejarano Cubillos, Juan David Chavarrío Rojas, Valentina Gama Gutiérrez, Loredana Angélica Orellana Delgadillo, Paola Andrea Ospina Baracaldo, María Alejandra Rojas Trigo, Agatha Clarice da Silva Ovando and Gonzalo Mejía

This paper presents a mathematical model of a potato supply and distribution chain in Latin America. This model was developed among industrial engineering students of the Universidad de la Sabana and Universidad Privada Boliviana. We designed a model to simulate the distribution process from a set of potato producers to a set of nanostores (small retailers, common in Latin American countries) in both Bogotá, Colombia, and Cochabamba,

Bolivia. In this model, we located a set of warehouses to consolidate and facilitate the distribution. The objective function was to minimize the sum of all costs subject to constraints such as capacity, and demand satisfaction and coverage among others. This model was implemented on the “Gams” software; the obtained results were translated into valuable information used to give shape to the distribution chain and to perform an analysis to further understand how the change in some of the input data could affect the optimal solution.

In both countries, the model opened only one distribution center. The results obtained show that even though the model implemented in both countries is the same, the results obtained are widely different because of each country's characteristics. This research opens the doors for future research that might consider traffic in the cities, criteria for the availability of producers, and even a vehicle routing solution for the delivery trucks.

117: Sistema Inteligente de Cubicaje como aporte a la industria 4.0

Juan Martínez-Franco, David Álvarez-Martínez, Juan Pachon, Ana Montes and Jorge Valero

El empaquetamiento automático de mercancías en los centros de distribución de productos continúa siendo una tarea de alta complejidad y baja eficiencia. Entre los problemas que afectan el proceso de empaquetamiento se encuentran el deterioro, reproceso y pérdida de mercancía en las tareas de construcción de pallets, los cuales suceden durante los procesos de carga, descarga y almacenamiento. Dichos problemas pueden ser atribuibles a la falta de incorporación de tecnologías que manipulen los paquetes, para ello una solución eficiente y con altos índices de rendimiento corresponde a la incorporación de manipuladores industriales (robots) que permiten reducir las actividades manuales y repetitivas en el sector logístico. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera oportuno el desarrollo de un Sistema Inteligente de Cubicaje como aporte a la industria 4.0. Este sistema está constituido por los siguientes tres sub-sistemas: 1.) una guía de visión por computadora para la interpretación del espacio de trabajo y estimación de pose del robot y la mercancía; 2.) algoritmo de empaquetamiento de mercancías regulares e irregulares con llegada en línea; y 3.) sistema de planeación de trayectorias libres de colisiones. Cada uno de los sub-sistemas se puede trabajar de manera independiente, convirtiéndose en prototipos eficientes para la incorporación al entorno de trabajo real. La estrategia propuesta permitirá una solución completa y robusta para la manipulación de paquetes en procesos de paletizado. El sistema permitirá tomar paquetes (de forma regulares e irregulares) que llegan en una banda (en línea) o que estén ubicados en un espacio de trabajo por medio de un manipulador industrial. Cada uno de los paquetes debe ser identificado previamente por el sistema de visión asistido por computadora; la identificación consiste en saber las dimensiones, posición y características que tienen cada uno de los paquetes (cajas). Una vez identificados, se envía la información al sistema de empaquetamiento de mercancía (algoritmo de empaquetamiento) con llegada de mercancías en línea. El algoritmo genera comandos de empaquetamiento que le indican en qué posición del palet se debe apilar el paquete. Una vez definido el destino del paquete, el manipulador industrial deberá realizar una trayectoria con el efector final transportando el paquete sin generar colisiones propias o con el entorno. Para visualizar los obstáculos que están dentro de la trayectoria se hará uso nuevamente del sistema de visión. El ámbito del programa Sistema Inteligente de Cubicaje como aporte a la Industria 4.0 se centra en el sector logístico y fundamentalmente en la transformación del sector tradicional hacia el sector inteligente incluyendo paradigmas de robotización. Presentamos una suite de software y una implementación prototipo de los algoritmos usando un robot colaborativo UR10 de Universal Robots, un gripper al vacío VGC10 y un sensor RGB-D Cognex - 3D A5120.

123: Análisis de las características e impacto del efecto dominó en el diseño de redes de transporte de carga

Daniel Enrique Sánchez Pineda

Las operaciones logísticas y el diseño de redes la cadena de suministro normalmente se ven afectadas por diferentes eventos disruptivos, que afectan el desempeño y alcance de la función logística. Dichos eventos, generan impactos operacionales, económicos y de planeación, que llevan a replantear las estrategias de recuperación, remediación y control de propagación de las posibles afectaciones. El transporte de carga no es ajeno a dichas afectaciones, ya que representa un elemento fundamental en el éxito de la

dinámica de la cadena de suministro. El efecto dominó se refiere a la propagación de una disrupción a diferentes eslabones de una cadena de suministro, afectando su resiliencia y capacidad de respuesta, partiendo de un evento de baja probabilidad de ocurrencia, pero alto impacto de afectación. La presente investigación corresponde a una revisión del estado del arte, con el fin de identificar y analizar las características y el impacto factible del efecto dominó en el diseño de redes de transporte de carga, considerando aspectos estratégicos, tácticos y operativos en el transporte y el control de riesgos en el diseño de redes. Se considera una revisión sistemática, con un periodo temporal de 2018 a 2022, recopilando y asociando los desarrollos de la temática con el transporte de carga urbano, regional, nacional e internacional.

Estudiante de pregrado – Investigación de Operaciones

13: Diseño de la red de distribución multi-item, multiescalón y multiperiodo, a través de un modelo determinístico de optimización matemática, en un contexto de logística de ciudad, usando métodos exactos y considerando diversos escenarios de análisis

Javier Arias-Osorio, Tania Chacón and Martha Castiblanco

El modelado de las cadenas de suministro tiene como fin la maximización de la rentabilidad y competitividad de las industrias (Benedito et al., 2020), con unas condiciones de mercado cada día más dinámicas propias de un entorno globalizado, donde juega un papel importante la eficiencia en la gestión de la red, toda vez que esta permita reducir costos logísticos, como los costos de transporte e inventarios (entre otros), en los diferentes eslabones de la misma.

Un entorno globalizado cambiante, suscitado, entre muchos factores, por la evolución de las nuevas tecnologías que hacen que estos procesos logísticos sean más rápidos y exigentes, principalmente en los eslabones próximos al cliente. Es en este punto donde aparece la logística de última milla y ésta asociada con conceptos de logística de ciudad. Esta última, según Taniguchi (2014), definida como la optimización total de actividades logísticas y de transporte de las empresas privadas con apoyo de sistemas de información avanzados en la zona urbanas, teniendo en cuenta el entorno del tráfico, la congestión del mismo, la seguridad del tráfico y el ahorro de energía en el marco de una economía de mercado. Es decir, la logística de ciudad centra sus esfuerzos en el cuidado ambiental, enfocándose en la sostenibilidad (Büyükoçkan & Mukul, 2019).

También Taniguchi, (2014) afirma que los recientes avances en las tecnologías de la información y la comunicación están creando nuevas oportunidades para aplicar soluciones más integradas y dinámicas. Avances como son las entregas en puntos de recogida de paquetes y uso de buzones inteligentes, así como nuevas tendencias en cuanto a los vehículos usados para la entrega como son las bicicletas de carga, sean estas eléctricas o no, los vehículos autónomos y controlados, sean terrestres o aéreos. Así mismo, estrategias de consolidación de la carga, envíos directos, transbordo lateral entre centros de distribución o especialización de estos, que van a ser relevantes a la hora de analizar los indicadores logísticos de desempeño de la red.

De acuerdo con lo anterior, es que se contempla la importancia de desarrollar diferentes escenarios en el diseño de una red de distribución, que permita el flujo de productos e información entre plantas de fabricación, centros de distribución y actores de la cadena, satisfaciendo las necesidades de los consumidores finales. Donde se formulen, analicen y evalúen escenarios de modelación, a través de la optimización matemática con elementos determinísticos, permitan analizar las variaciones en tiempo y costo.

65: Impacto de un modelo Omnicanal en Nanostores respecto a la gestión de inventarios en la zona Sur de la ciudad de La Paz, Bolivia: Integración de la estrategia BOPS (Buy Online, Pick Up in Store) a un entorno tradicional mediante una aplicación en Android

Alexander Erik Salinas Flores, Mauricio Garcia Soria Galvarro and Angel Gutiérrez Gardeazabal

En Bolivia, se presenta el sector de las Pymes el cual representa un total del 79% de la economía de Bolivia, así también se presenta la economía informal, que es predominante representando un total de 73.4% de personas trabajando en dicha economía. Por otro lado, se presenta un total de 30.8%

del total de personas dentro de la economía informal dedicadas al comercio, donde se presentan las tiendas de barrio. Dichas tiendas tienen una estructura organizacional bastante informal y que son generados a partir de una búsqueda de generación de ingresos para sobrevivir por parte de sus respectivos dueños y familias. El objetivo principal de este artículo es el de poder determinar un modelo de entorno omnicanal para poder otorgar una correcta gestión de inventarios y generar un impacto respecto a niveles de inventarios que permita ayudar al mencionado sector informal para su correcto desarrollo. Teniendo en cuenta los resultados presentes en este artículo, se pudo evidenciar que en una situación actual existen altos niveles de inventarios generados a causa de una mala organización y la incertidumbre. Por otro lado, se tienen indicadores que permiten determinar al momento de implementar un posible entorno omnicanal la situación respecto a la gestión de inventarios, donde existe una mejora y una disminución de los niveles de inventarios a causa de la incorporación de un entorno omnicanal y a una correcta política de inventarios de revisión periódica basado en un sistema Pull

75: Study of the service level in the process of distribution and delivery of product in the food sector in the city of La Paz Bolivia considering the omnichannel strategy

Natalie Ayala, Mauricio Garcia, Amado Lopez and Renan Laguna

This investigation was conducted to establish the impact on the service level of companies by making improvements in the methods of distribution, specifically considering the omnichannel paradigm in companies in the food sector in La Paz-Bolivia. The first part, the context of this work, seeks to provide the reader the information about the digital practices that have come to adopt different companies in the food industry so the reader is informed about them and even the decision makers can compare. The following are the key results of the survey done to the public about their shopping experience with the current channels. This is followed by the opinions of omnichannel experts on the application of this strategy in the local context. Finally, we move on to the presentation of an omnichannel model of the relationship between the level of service and the level of integration that companies manage. As main conclusion, a relation has been found as result of implementation of the omnichannel strategy.

89: Análisis de la logística de distribución de última milla en ecommerce de PYMES de consumo masivo en Bolivia

Richard Quinteros, Mauricio Garcia and Fernando Lopez

Este artículo fue realizado con el objetivo de analizar el estado de la logística de distribución de última milla en pequeñas y medianas empresas del sector de consumo masivo en Bolivia. En la primera parte se puede ver una revisión de los conceptos esenciales para dicho análisis, luego se muestra a las empresas que participaron en este caso de estudio y toda la información que se recopiló para su respectivo análisis. Finalmente, las posibilidades de mejora dentro de este proceso se ofrecen en base a las buenas prácticas que ofrece el modelo SCOR como referencia para la propuesta

93: Configuración de un modelo de logística 2PL que permita incrementar los niveles de eficiencia en base al Modelo SCOR: Caso de estudio empresa ABC de La Paz – Bolivia

Natalia Gabriela España Revollo

El desempeño logístico para un país es parte de la competitividad y desarrollo del mismo. Por lo que es importante medirlo y controlarlo. Uno de los factores que tiene uno de los puntajes más bajos del LPI, es la competencia logística. La cual es afectada por la existencia, competitividad y calidad de los servicios ofrecidos por los operadores logísticos. La eficiencia juega un papel importante este caso, ya que influye positivamente en la supervivencia de las empresas. En el presente trabajo, se configuró un modelo logístico para operadores 2PL que incremente los niveles de eficiencia, utilizando como herramienta base al Modelo SCOR. Se propuso una metodología que incluye una revisión bibliográfica, diagnóstico, planteamiento de soluciones y elaboración de un plan de implementación. La cual le da flexibilidad al modelo elaborado, de modo que pueda ser aplicado a varias empresas logísticas. Como resultados se obtuvo que el modelo aumenta la eficiencia de una empresa, además de la satisfacción de sus clientes.

103: Propuesta de Mejora Operacional para la Recogida y Entrega en el transporte de valores: Una aplicación de los modelos de investigación de operaciones en entidades hospitalarias

Valeria Mejía Gómez

El presente trabajo aplica la recolección, análisis de datos junto y modelamiento matemático para brindar soluciones a las fallas de tiempo y calidad de una entidad hospitalaria que recibe servicios de recogida y entrega de dinero en tres de sus sucursales. Un diagrama preciso de proceso permitió identificar las operaciones que afectan la calidad de servicio tanto de la transportadora como del hospital.

Se brindan entonces, cálculos del tamaño de la muestra, gráficos que ayudan a comprender mejor el comportamiento de las operaciones, la definición de coeficientes y modelamiento matemático para la optimización de costos y tiempos de operación. El trabajo hace un engrane de otras áreas disciplinares de la ingeniería que son necesarias para diseñar un modelo de investigación de operaciones aplicado al sector real.

Mejor paper de IISE

63: Credit Card Customers: Predict churning customers

María Castañeda, Samuel Abreo, Valentina Cárdenas and Santiago Alarcón

La analítica de datos es el proceso de descubrir, interpretar y comunicar patrones significativos en los datos, ayuda a ver información y datos significativos que de otra forma no podrían detectarse. La implementación de la analítica de datos al sector empresarial lleva a la toma de decisiones según el conocimiento derivado de los datos, permitiendo contar con más información que podría traducirse en un mayor beneficio para la compañía a través de aumentos en las ventas, reducción de costos, mayor eficiencia y mejoras comerciales.

Se buscó aplicar la analítica de datos empresarial a la base de datos "Credit Card Customers", de la plataforma Kaggle, se eligió según cuatro criterios de selección: constituye un tema relevante para el sector empresarial, presenta una adecuada cantidad de datos y variables significativas de tipo categórico y numérico.

Constituye el caso de un banco en el cual se deseaba identificar qué tipo de clientes podrían retirar el servicio de tarjetas de crédito, es decir, identificar las características de los "churning customers", fenómeno que se da cuando clientes de una empresa ya no interactúan con ella al dejar de usar el producto o servicio que ofrece. El objetivo principal del caso fue aplicar un algoritmo que permitiera determinar las características (variables) de los clientes que retirarían el servicio de la tarjeta de crédito, para que así el banco pudiera acudir de manera proactiva al cliente para brindarle una mayor atención y un mejor servicio para así cambiar a tiempo su decisión.

Se partió por una limpieza de los datos atípicos en la base de datos por medio de la aplicación de técnicas de estadística descriptiva, se analizó la relación de cada variable con el estado del cliente en la empresa y se procedió a aplicar algoritmos de clasificación como "K-Neighbors", "Decision Tree", "Random Forest", "Logistic Regression", "XGB", "Quadratic Discriminant Analysis" y "Gaussian NB".

Se obtuvo que el mejor modelos de clasificación fue "Random Forest" con una precisión del 99%, además, se identificó que se debe realizar un mayor seguimiento por medio de medios electrónicos y posible creación de incentivos según el criterio del banco a clientes que presenten las siguientes características: jóvenes con poco tiempo de relación con el banco, con un límite de crédito y disponibilidad de tarjeta reducida, con transacciones de poco valor, de género femenino, con un nivel de educación de pregrado, con estado civil casado, con ingresos menores a los \$40.000 USD y con tarjeta tipo blue.

122: Informal recycling of Venezuelan migrants in Bogotá

Juan Sebastian Sanchez Gomez and Oscar David Maturana Fiallo

Venezuelans in an irregular migratory situation in Bogotá must perform informal work that allows them to survive with their families. For this reason, this article presents a study of informal recyclers in Barrio La Concepción, through the methodology of problem solving and the implementation of surveys and observations in this neighborhood during the months of January to May 2022. It was evidenced that informal recyclers are unaware of the migration regularization process to access the Temporary Protection Permit, as well as the labor formalization process to be registered as formal recyclers in the RURO. This lack of knowledge and the lack of state assistance violate their fundamental rights and accentuate their unsatisfied basic needs.

IO en Sostenibilidad (2)

125: Análisis de alternativas para la descarbonización de procesos de refinación de crudo por medio de programación matemática

Clara Ballesteros, Débora Nabarlatz, Andrés Joaquín Calderón Vergara and Ariel Uribe

Las iniciativas a nivel mundial en transición energética se enfocan en incrementar el uso de energías sostenibles en la canasta energética y desincentivar el uso de combustibles fósiles. La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) registra que actualmente la producción de energía renovable en Colombia representa tan solo el 23% de la producción total de energía primaria.

Una de las estrategias que se han venido desarrollando es el uso de recursos renovables en el proceso de producción de combustibles fósiles. El coprocesamiento de biocombustibles intermedios con crudo y el blending de biocombustibles finales con combustibles tradicionales. Según la U.S. Energy Information Administration tan solo en Estados Unidos, la producción y el consumo de biocombustibles en 2021 fue de 2488 y 2442 Trillones de kJ respectivamente, representando aproximadamente el 20% de los combustibles renovables demandados en el país.

Yáñez et. al (2021), reporta que la adición de biocombustibles en un 15% al proceso de producción de combustibles convencionales reducen los niveles de CO₂, presentando una disminución hasta en un 84% en comparación con los combustibles fósiles, sin realizar cambios significativos en la infraestructura. Estas tecnologías tienen la versatilidad de configurarse de diversas formas, tanto en equipos de pretratamiento como unidades de proceso, lo que aumenta la flexibilidad de proceso, sin embargo, aumenta la complejidad del diseño y operación. Entre los factores a tener en cuenta para identificar estrategias óptimas de co-procesamiento se encuentra el número de posibles rutas, los precios de los productos en el mercado, el costo de adquisición, pretratamiento y transporte de biomasa y las restricciones tecnológicas de cada una. Por lo que es necesario desarrollar modelos matemáticos rigurosos que permitan la exploración e identificación de rutas de coprocesamiento óptimas de manera sistemática. Con base en lo anterior, se propone un modelo de optimización basado en programación lineal entera mixta (MILP), en el que se consideran todas las posibles rutas de coprocesamiento por medio de una superestructura. Al modelo se ingresará los balances de masa de cada ruta de co-procesamiento, los rendimientos y modo de operación por unidad de proceso, restricción en mezcla, la demanda por clientes de los distintos productos y la capacidad de operación por equipo y por modo de operación. Las variables de decisión son el CO₂ evitado, el costo de expansión y de producción de cada vía y el ingreso por los productos obtenidos. La optimización de la superestructura determinará las rutas óptimas para disminuir emisiones de CO₂ y beneficiar la economía del proceso. Para demostrar la aplicabilidad del modelo, se diseñó un caso de estudio basado en el proceso de producción de crudo en una refinería en Colombia acoplado con 13 posibles rutas de co-procesamiento propuestas en Yáñez et. al (2021) y complementadas con cuatro vías de blending seleccionadas por el autor.