**COMANDO GENERAL DEL EJÉRCITO**

**ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA**

**“MCAL. ANTONIO JOSÉ DE SUCRE” BOLIVIA**

**Imagen que contiene texto

Descripción generada automáticamente**

**“Sistema Web de Distribución de Coca-Cola con Módulo de Optimización de Rutas de Entrega, Transporte y Simulación Numérica”**

**CARRERA : INGENÍERIA DE SISTEMAS**

**SEMESTRE : CUARTO “A”**

**NOMBRES Y CODIGOS:**

* **CRESPO ARRIARAN NATALY NICOLE C11483-9**
* **CRUZ SERRANO SHARAID GABRIELA C11424-3**
* **OCAMPO VALDIVIA JOAQUÍN RODRIGO C11550-9**
* **SOSSA CHUGAR THIAGO LEONARDO C11627-0**

**DOCENTE :**

* **LIC. DUNIA SOLIZ TORRICO**
* **VICTOR ADOLFO RODRIGUEZ ESTEVEZ**
* **ING. NIRKA MORA MEJIA**

**FECHA : 17/11/2024**

**COCHABAMBA - BOLIVIA**

**ÍNDICE**

[RESUMEN 1](#_Toc182763904)

[1 INTRODUCCIÓN 2](#_Toc182763905)

[2 ANTECENTES 2](#_Toc182763906)

[2.1.1 ANTECEDENTES TEMATICOS 2](#_Toc182763907)

[2.1.2 ANTECEDENTES INSTITUCIONALES 5](#_Toc182763908)

[3 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA 6](#_Toc182763909)

[3.1 FORMULACION DEL PROBLEMA 6](#_Toc182763910)

[4 OBJETIVOS 6](#_Toc182763911)

[4.1 OBJETIVOS GENERAL 6](#_Toc182763912)

[4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 7](#_Toc182763913)

[5 JUSTIFICACIÓN 8](#_Toc182763914)

[6 MARCO TEÓRICO 8](#_Toc182763915)

[6.1 Sistema web de optimización logística 8](#_Toc182763916)

[7 INGENIERÍA DEL PROYECTO (EL DESARROLLO EN BASE A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS) 9](#_Toc182763917)

[8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 9](#_Toc182763918)

[8.1 CONCLUSIONES 9](#_Toc182763919)

[8.2 RECOMENDACIONES 9](#_Toc182763920)

[9 Bibliografía 9](#_Toc182763921)

[Anexos 1](#_Toc182763922)

RESUMEN

# INTRODUCCIÓN

En la logística y distribución de productos, la optimización de rutas y la precisión en la predicción de demanda son factores críticos para garantizar la eficiencia, reducir costos y satisfacer la demanda de los clientes. La empresa Embonor SA, al manejar productos perecederos, enfrenta desafíos únicos que requieren soluciones avanzadas, ya que el deterioro de los productos y la disponibilidad de frescura influyen directamente en su rentabilidad y servicio al cliente. Este proyecto se enfoca en diseñar un sistema web que incorpore algoritmos avanzados como Runge-Kutta, el problema del cartero chino y programación lineal para crear rutas de entrega óptimas, minimizar costos de transporte y predecir con precisión la demanda. La implementación de esta solución busca no solo mejorar la eficiencia operativa de Embol SA, sino también adaptarse a las condiciones específicas de distribución de productos perecederos, garantizando la satisfacción.

# ANTECENTES

### ANTECEDENTES TEMATICOS

#### El problema del Cartero Chino

Según (Wesner, 2015) “El Problema del Cartero Chino consiste en encontrar una ruta de costo mínimo para atravesar cada arco de una red o grafo al menos una vez y volver al vértice desde el cual se empezó.” Dicho problema se aplica en diversos sistemas de distribución, ya que al emplearlo minimiza las distancias y el tiempo de recorrido del grafo. Es empleado en la logística, transporte, servicios públicos, producción, manufactura.

Para resolver el problema del cartero chino, se puede utilizar un algoritmo que involucre la selección de vértices de grado impar y la aplicación de otros algoritmos. Si el grafo resultante es euleriano, es decir, si permite un recorrido que pase una vez por cada arista y vuelva al punto de partida, se puede obtener el recorrido óptimo directamente.

#### Método de Runge Kutta

Segun (Escandon, 2020) “Los métodos Runge-Kutta son considerados métodos de un solo paso, probablemente uno delos procedimientos numéricos más utilizados, así como uno de los más precisos, usados para obtener soluciones aproximadas para un problema con valor inicial”. En [análisis numérico](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_num%C3%A9rico), los métodos de Runge-Kutta son un conjunto de métodos genéricos iterativos, explícitos e implícitos, de resolución numérica de [ecuaciones diferenciales](https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_diferencial). Este conjunto de métodos fue inicialmente desarrollado alrededor del año 1900 por los matemáticos alemanes [C. Runge](https://es.wikipedia.org/wiki/C._Runge) y [M. W. Kutta](https://es.wikipedia.org/wiki/M._W._Kutta).

Los métodos de Runge-Kutta (RK) son un conjunto de métodos iterativos (implícitos y explícitos) para la aproximación de soluciones de [ecuaciones diferenciales ordinarias](https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_diferencial_ordinaria), concretamente, del [problema de valor inicial](https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_de_valor_inicial). Sean:

Fórmula 1:

|  |
| --- |
|  |

Fuente: Escandon, 2020

Fórmula 2:

|  |
| --- |
|  |

Fuente: Escandon, 2020

Imagen que contiene Forma

Descripción generada automáticamenteuna ecuación diferencial ordinaria, con  donde es un conjunto abierto, junto con la condición de que el valor inicial de f sea:𝑓:Ω⊂𝑅×𝑅𝑛→𝑅𝑛

Imagen que contiene objeto, reloj

Descripción generada automáticamenteEntonces el método RK (de orden s) tiene la siguiente expresión, en su forma más general:

donde *h* es el paso por iteración, o lo que es lo mismo, el incremento Δ𝑡𝑛 entre los sucesivos puntos y .

Diagrama, Esquemático

Descripción generada automáticamenteLos coeficientes son términos de aproximación intermedios evaluados en f de manera local.

con 𝑎𝑖𝑗, 𝑏𝑖,𝑐𝑖 coeficientes propios del esquema numérico elegido, dependiente de la [regla de cuadratura](https://es.wikipedia.org/wiki/Integraci%C3%B3n_num%C3%A9rica) utilizada. Los esquemas Runge-Kutta pueden ser explícitos o implícitos dependiendo de las constantes 𝑎𝑖𝑗 del esquema.

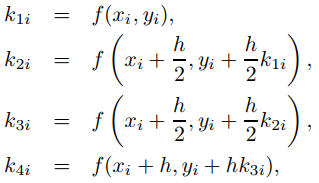
Si esta matriz es triangular inferior con todos los elementos de la diagonal principal iguales a cero; es decir, 𝑎𝑖𝑗=0 para 𝑗=𝑖,...,𝑠, los esquemas son explícitos.

Existen variantes del método de Runge-Kutta clásico, también llamado Runge-Kutta explícito, tales como la versión implícita del procedimiento o las parejas de métodos Runge-Kutta (o métodos Runge-Kutta-Fehlberg).

Este último consiste en ir aproximando la solución de la ecuación mediante dos algoritmos Runge-Kutta de órdenes diferentes, para así mantener el error acotado y hacer una buena elección de paso.

Imagen que contiene Gráfico

Descripción generada automáticamentePara una ecuación diferencial de primer orden con una condición de inicio, la fórmula de Runge-Kutta de 4to orden se obtiene de la expresión con cinco términos:



#### Método de aproximación de Vogel

Según (Jay Heiser y Barry Render, 2017) “Es una metodología que tiene un objetivo específico, orientado a buscar una solución óptima para los problemas que ocurren en el transporte de mercadería desde un punto de origen hacia uno de destino”, el cual será

aplicado en este proyecto debido a las múltiples ventajas que ofrece, las cuales han contribuyen a la minimización de costos.

### ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

#### El Estudio De Las Características De Las empresas Embol S.A. Y CBN. S.A. Para La determinación De La Competencia A La Que pertenecen, En Que Nivel Influye Esto En Los precios Y La Cantidad De Equilibrio De Sus productos

La conclusión central del artículo es que a pesar de que Coca-Cola tiene un precio mayor que Pepsi, los consumidores de Cochabamba muestran una mayor preferencia por esta marca. Este hallazgo es sorprendente dado que, en general, se esperaría que los consumidores se inclinen por productos más económicos. Según (Erwin Saavedra, Brandon Cadima, Cinthya Bozo y Cristian Perez, 2021) estos factores que influye a la decisión de las personas están entre: la percepción de la marca Coca-Cola, hábitos de consumo, disponibilidad, publicidad entre otros. Este articulo científico no sirve para determinar los aspectos económicos, pero se debe de recalcar que no consta de un análisis económico completo es necesario recurrir fuentes mas detalladas, pero este articulo nos sirve como punto de partida.

# IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

La empresa “Embonor S.A.” desea optimizar las rutas de sus vehículos para entregar paquetes a múltiples clientes en una ciudad. Cada cliente tiene una ubicación específica, y el objetivo es encontrar la ruta más corta o eficiente (en términos de distancia, tiempo o costo) que permita entregar todos los paquetes.

La empresa cuenta con una flota de vehículos de diferentes capacidades y costos operativos, y debe asignar un conjunto de pedidos a cada vehículo de manera que se minimicen los costos totales de transporte, cumpliendo con las restricciones de capacidad de los vehículos y las ventanas de tiempo de entrega.

La empresa maneja productos perecederos enfrenta el desafío de predecir con precisión la demanda de sus productos para evitar pérdidas por deterioro y garantizar la disponibilidad de productos frescos. La demanda de productos perecederos puede variar significativamente debido a factores como la estacionalidad, eventos especiales (fiestas, promociones), tendencias de consumo y condiciones climáticas.

## FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo puede Embonor SA optimizar las rutas de distribución y asignación de pedidos a su flota de vehículos, minimizando costos y garantizando la entrega oportuna de productos perecederos, mientras predice con precisión la demanda para evitar pérdidas por deterioro y satisfacer la demanda de productos frescos?.

# OBJETIVOS

## OBJETIVOS GENERAL

Desarrollar un sistema web para la optimización de la logística de distribución de Embonor S.A., que mediante la implementación de algoritmos Runge-Kutta de cuarto orden, cartero chino y programación lineal permita generar rutas de entrega óptimas, simulando escenarios reales para garantizar la eficiencia y minimización de costos en la distribución de un producto exclusivo.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Definir un modelo de grafos que represente de manera precisa la problemática de la planificación de rutas logísticas.
2. Aplicar algoritmos específicos de grafos, particularmente aquellos relacionados con el flujo máximo, para resolver la minimización de la distancia, el tiempo total de viaje, y el costo asociado a las rutas de entrega.
3. Crear una base de datos capaz de almacenar ubicaciones, itinerarios de los distribuidores, datos de cada vehículo, información de las rutas, y de diversos pedidos.
4. Encontrar una ecuación de la Demanda y Oferta en función del tiempo que satisfaga las diferentes constantes y datos existentes de la empresa para calcular.
5. Implementar el método de Range-Kutta de cuarto orden, en el sistema, para optimizar para la predicción de la demanda del producto y capacidad la máxima de carga de los vehículos, para cada escenario operacional de transporte especifico.
6. Implementar el método de Vogel en el sistema para calcular el costo mínimo de transporte, teniendo en cuenta los costos asignación de pedidos a vehículos y los costos de recorrido.
7. Desarrollar una función que a través de del API de Google maps, sugiera rutas óptimas para los vehículos en tiempo real para analizar factores como la distancia, tráfico y el tiempo estimado de llegada.
8. Desarrollar una interface amigable, con inicio de sesiones separadas para cada usuario, capaz de generar notificaciones para casos específicos que la problemática requiera.
9. Generar informes de simulación que resuma la demanda proyectada y la capacidad de transporte requerida.

# JUSTIFICACIÓN

# MARCO TEÓRICO

## Sistema web de optimización logística

Un sistema web de optimización logística es una herramienta tecnológica diseñada para la gestión eficiente de procesos logísticos mediante plataformas accesibles en línea. Este tipo de sistema permite integrar diferentes áreas de la cadena de suministro, como el control de inventarios, la administración de almacenes y la planificación de rutas de transporte. Gracias al uso de algoritmos de optimización y técnicas de análisis de datos, estas plataformas pueden proporcionar soluciones en tiempo real, reduciendo costos operativos y mejorando la satisfacción del cliente (Romero & Salazar, 2024, pág. 29).

Este concepto es de utilidad para conocer que un sistema web de optimización logística centralizará y automatizará procesos clave como el control de planificación de rutas de transporte. Usando algoritmos de optimización y análisis de datos, proporcionará soluciones en tiempo real, reduciendo costos operativos y mejorando la satisfacción del cliente. Su accesibilidad en línea permitirá monitorear y gestionar operaciones de manera eficiente, optimizando recursos, garantizando entregas puntuales y adaptándose rápidamente a cambios en la demanda o contingencias logísticas.

# INGENIERÍA DEL PROYECTO

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES

# Bibliografía

Cambel, A. B. (1993). *Applied Chaos Theory: A Paradigm for Complexity.* Washington D.C.: Academic Press.

Erwin Saavedra, Brandon Cadima, Cinthya Bozo y Cristian Perez. (2021). EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LASEMPRESAS EMBOL S.A. y CBN S.A. PARA LADETERMINACIÓN DE LA COMPETENCIA A LA QUEPERTENECEN, EN QUE NIVEL INFLUYE ESTO EN LOSPRECIOS Y LA CANTIDAD DE EQUILIBRIO DE SUSPRODUCTOS. *LAS Empresas Embol S A y CBN S A*. Cochabamba, Bolivia: Escuela Militar de Ingenieria.

Escandon, J. S. (2020). *MÉTODOS NUMÉRICOS RUNGE-KUTTAY ADAMS BASHFORTH-MOULTONEN MATHEMATICA.* Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información.

Jay Heiser y Barry Render. (2017). *Administración de operaciones .* USA: Pearson - Prentice Hall.

Murillo, P. (18 de Abril de 2008). *La investigación científica*. Obtenido de http//www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm

Sánchez, C. H. (1986). *Metodología de la investigación .* Lima: San Marcos.

Triana, C. A. (2017). Estudio de algunos ejemplos y problemas de la Teoría del Caos. *Trabajo de grado*. Bogota, Colombia.

Universidad de la República. (2017). *Etapas de la investigación bibliográfica.* Montevideo: Universidad de la República.

Wesner, F. B. (2015). Técnicas de programción lineal entera para la optimización de la recolección de residuos reciclbles en el Municipio de Moron. *Tesis*. Buenos Aires , Argentina: Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Computación.

Anexos

ANEXOS A: Variable del objetivo general

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Fuente: elaboración propia 2024