



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tema:**

---

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA UBICACIÓN DE UN CENTRO  
DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EMPRESA RECTIMA INDUSTRY CIA  
LTDA.**

---

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la  
obtención del título de Ingeniera Industrial

**ÁREA:** Producción y operaciones

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Diseño, materiales y producción

**AUTOR:** Gabriela Juliana Narvárez Farfán

**TUTOR:** Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

**Ambato – Ecuador**

**febrero – 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA UBICACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EMPRESA RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Gabriela Juliana Narváez Farfán, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024.

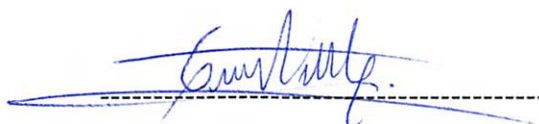
-----  
Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

**TUTOR**

## AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA UBICACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EMPRESA RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA. es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024.



Gabriela Juliana Narváez Farfán

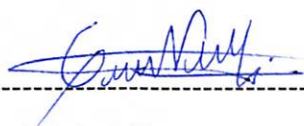
C.C. 185029899-1

AUTOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2024.



Gabriela Juliana Narvárez Farfán

C.C. 185029899-1

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por la señorita Gabriela Juliana Narvárez Farfán, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA UBICACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EMPRESA RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024.

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. César Rosero Mantilla, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Freddy Lema Chicaiza, M.Sc.g  
PROFESOR CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*Para los que se quedaron conmigo y mis sueños, para los que apostaron por mí y lo seguirán haciendo una y otra vez.*

*Para los que eligen cada día ser mejores y aman con cada segundo de su vida, porque amar algo o a alguien con todo tu ser es el verdadero éxito en este camino.*

*Para los que se conmueven hasta las lágrimas con un libro, una obra de arte, la música, las películas y la vida misma, espero que sepan que la vulnerabilidad y sensibilidad es la mejor arma para enfrentar este mundo caótico.*

## AGRADECIMIENTO

*Recuerdo las tardes de vacaciones de niña cuando mis padres, Francisco y Yolanda, me enseñaron que la vida tiene una serie de contradicciones en sí misma, les agradezco infinitamente por acompañarme en todas mis etapas de vida.*

*Recuerdo la primera vez que me rompieron el corazón, y no fue en sentido romántico, gracias a mis hermanos, Nathaly y Andrés, por curarme con cada una de sus sonrisas y travesuras al verlos crecer.*

*Recuerdo las tardes grises en dónde la nostalgia me consumía, gracias, Melanie Estefanía, por sentarte a mi lado hace más de nueve años en ese salón de clases y enseñarme lo que es la amistad.*

*Recuerdo la primera vez que me sentí sumamente agradecida de ser mujer, y todo lo que implica en esta sociedad, gracias a todas las «mujercitas» sublimes en mi vida.*

*Gracias a mis amigos, son magníficos seres humanos, guardo recuerdos que son inefables en mi alma con cada uno de ustedes.*

*Gracias Ing. Israel Naranjo por guiarme en muchas inquietudes académicas y motivarme cada día a ser mejor profesional y ser humano, es un maestro extraordinario.*

*Finalmente, gracias a la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.” por la apertura al desenvolvimiento del presente proyecto de investigación.*

**Gabriela Juliana Narváez Farfán**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xv</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tema de investigación .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Antecedentes investigativos .....	2
1.3 Fundamentación teórica .....	4



1.3.1 Cadena de suministro .....	4
1.3.2 Logística.....	7
1.3.3 Centro de distribución (CEDI) .....	8
1.3.4 Métodos de ubicación de instalaciones (Localización estática: un centro).....	9
1.3.5 Análisis de factibilidad.....	14
1.4 Objetivos .....	16
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos .....	16
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
2.1 Materiales.....	17
2.2 Métodos.....	18
2.2.1 Modalidad de la investigación .....	18
2.2.2 Población y muestra .....	20
2.2.3 Recolección de información.....	21
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos .....	22
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
3.1 Entrevista.....	24

3.1.1 Análisis de la entrevista .....	26
3.1.2 La empresa .....	27
3.1.3 Productos ofertados .....	30
3.1.4 Proceso de distribución .....	31
3.1.5 Ubicación y demanda de los clientes .....	33
3.1.6 Análisis FODA del proceso de distribución de la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.” .....	43
3.2 Método de ubicación de instalaciones.....	44
3.2.1 Centro de gravedad .....	44
3.2.2 Toma de decisiones para la selección de un CEDI mediante el modelo AHP (Proceso Analítico Jerárquico).....	48
3.3 Aplicación de los modelos planteados .....	53
3.3.1 Desarrollo del centro de gravedad.....	53
3.3.2 Descripción de las alternativas para la selección de un CEDI cercano.....	68
3.3.3 Desarrollo del modelo AHP para selección del CEDI adecuado .....	70
3.3.4 Reemplazo de las coordenadas de la alternativa ganadora en el modelo.....	72
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
4.1 Conclusiones .....	77
4.2 Recomendaciones.....	78
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos en Bizagi Modeler .....	6
Tabla 2. Materiales empleados en la investigación.....	17
Tabla 3. Recolección de la información.....	21
Tabla 4. Courier de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA LTDA.....	25
Tabla 5. Número de trabajadores en RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.....	29
Tabla 6. Productos ofertados.....	30
Tabla 7. Proyección de la demanda para la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA” .....	34
Tabla 8. Análisis ABC de bultos enviados por provincia .....	35
Tabla 9. Análisis ABC considerando el costo de distribución para cada ciudad del país .....	37
Tabla 10. Descripción del criterio costos con sus respectivos subcriterios .....	50
Tabla 11. Descripción del criterio condiciones geográficas y sociales con sus respectivos subcriterios .....	50
Tabla 12. Descripción del criterio mercado con sus respectivos subcriterios.....	51
Tabla 13. Descripción del criterio mano de obra con sus respectivos subcriterios....	51
Tabla 14. Descripción del criterio infraestructura interna con sus respectivos subcriterios .....	52
Tabla 15. Descripción del criterio infraestructura externa con sus respectivos subcriterios .....	52
Tabla 16. Descripción del criterio reglamentaciones fiscales y legales con sus respectivos subcriterios .....	52

Tabla 17. Descripción del criterio servicios básicos con sus respectivos subcriterios .....	53
Tabla 18. Representación gráfica del centro de gravedad de los clientes en cada ciudad .....	54
Tabla 19. Datos que se utilizaron en el cálculo del centro de gravedad del nuevo CEDI .....	57
Tabla 20. Solución para la localización del CEDI .....	61
Tabla 21. Distribución de los centros de gravedad para Ambato y para el CEDI en Guayaquil .....	63
Tabla 22. Alternativas para alquilar un CEDI.....	69
Tabla 23. Costo de distribución final para la alternativa ganadora .....	73
Tabla 24. Costos de instalar el nuevo CEDI .....	74
Tabla 25. Costos para la situación actual y costos para la situación propuesta .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pareto.....	5
Figura 2. Estructura jerárquica del modelo AHP .....	14
Figura 3. Fases de la investigación aplicada .....	20
Figura 4. Instalaciones de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.....	24
Figura 5. Logo institucional .....	27
Figura 6. Geolocalización del CEDI en Ambato .....	28
Figura 7. Organigrama estructural de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA. ....	29
Figura 8. Diagrama de flujo para el proceso de distribución de la empresa RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA. ....	32
Figura 9. Diagrama SIPOC del proceso de distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA LTDA. ....	33
Figura 10. Diagrama de Pareto del análisis ABC por provincia .....	36
Figura 11. Segmentación de los clientes por bultos enviados a cada provincia .....	36
Figura 12. Diagrama de Pareto del análisis ABC por ciudad .....	41
Figura 13. Distribución de clientes por ciudades del Ecuador para la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA. ....	42
Figura 14. Análisis FODA de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA. ....	43
Figura 15. Esquemmatización del modelo AHP .....	49
Figura 16. Representación gráfica de los centros de gravedad por ciudad .....	56
Figura 17. Solución en LINGO .....	60

Figura 18. Reducción del costo de distribución .....	61
Figura 19. Representación gráfica de la distribución de los centros de gravedad por ciudad .....	62
Figura 20. Alternativas ubicadas en Google Maps .....	68
Figura 21. Grupos decisores en <i>Expert Choice</i> .....	70
Figura 22. Modelo AHP en el software Expert Choice .....	71
Figura 23. Orden de prioridad de los criterios .....	71
Figura 24. Alternativa predilecta.....	72
Figura 25. Gráfica del análisis de sensibilidad de rendimiento con respecto a los criterios.....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Código utilizado en Lingo .....	87
Anexo B. Plano de la planta en Ambato .....	91
Anexo C. Ubicación de las 76 coordenadas en Google Maps .....	92
Anexo D. Matrices de calificación en el programa <i>Expert Choice</i> .....	93

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de investigación se centra en la optimización de costos de distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA., mediante la ubicación e implementación de un Centro de Distribución (CEDI). A través del análisis de la situación actual de la empresa, se busca reducir el costo de distribución y cubrir con la demanda de los clientes. La metodología empleada incluye la formulación de un modelo matemático de programación no lineal entera mixta que logra una asignación óptima de clientes a la planta de Ambato y al nuevo CEDI, en base a la demanda y ubicación geográfica de los clientes por medio del cálculo de la distancia utilizando el Teorema de Haversine. Además, se esquematizaron criterios y subcriterios de acuerdo con una investigación bibliográfica para formular el modelo jerárquico de decisión multicriterio (AHP). Este modelo permitió evaluar y comparar diferentes opciones de ubicación cercanas al centro de gravedad entregado por el modelo matemático, y, que por medio del análisis de grupos decisores en el software *Expert Choice* se escogió la mejor alternativa. Al aplicar estos modelos se obtuvo una reducción sustancial correspondiente al 15.43% de los \$159.409.95 que se valoraba en el inicio del estudio en este porcentaje se incluye el análisis de costos operativos de instalar el CEDI. El estudio concluye que la ubicación estratégica de los CEDIS puede mejorar significativamente la eficiencia y reducir los costos en la cadena de suministro.

**Palabras clave:** Ubicación de instalaciones, programación no lineal entera mixta, centro de gravedad, teorema de Haversine, AHP.



## ABSTRACT

This research project focuses on optimizing distribution costs at RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA., through the location and implementation of a Distribution Center (CEDI). By means of an analysis of the company's current situation, the aim is to reduce distribution costs and meet customer demand. The methodology used includes the formulation of a mixed integer nonlinear programming mathematical model that achieves an optimal assignment of customers to the Ambato plant and the new CEDI, based on customer demand and geographical location, by calculating the distance using the Haversine Theorem. In addition, criteria and sub criteria were outlined according to bibliographic research to formulate the hierarchical multi-criteria decision model (AHP). This model allowed the evaluation and comparison of different location options close to the center of gravity delivered by the mathematical model, and, through the analysis of decision groups in the Expert Choice software, the best alternative was chosen. By applying these models, a substantial reduction of 15.43% of the \$159,409.95 valued at the beginning of the study was obtained, this percentage includes the analysis of operating costs of installing the CEDI. The study concludes that the strategic location of the CEDIS can significantly improve efficiency and reduce costs in the supply chain.

**Keywords:** Facility location, mixed integer nonlinear programming, center of gravity, Haversine theorem, AHP.

# CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Tema de investigación

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA UBICACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EMPRESA RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA.

### 1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial el estudio de la logística constituye el enlace principal entre proveedores, productores y puntos de consumo, que interactúan entre ellos con el objetivo de brindar un producto o servicio de calidad en el tiempo adecuado, en la cantidad y destino correctos, permitiendo de esta forma gestionar la cadena de suministro y obtener información detallada que sirve de retroalimentación para la mejora de los distintos procesos [1].

Las empresas deben tomar en cuenta que diversos factores (políticos, económicos, sociales, etc.) han hecho que el mercado actual sea sumamente exigente y competitivo, esto ha derivado en que las organizaciones sean flexibles, y busquen reaccionar inmediatamente a los cambios que se puedan presentar en la distribución de sus productos, esto tiene que ver principalmente con la necesidad del cliente que en un entorno globalizado busca la mejor oferta en los productos y servicios que requiere [2].

Es así como, el movimiento de los productos de forma eficaz permite un flujo adecuado del inventario en las cadenas de suministro logrando aumentar la respuesta a factores externos tal es el caso de la pandemia por la Covid-19, en donde las interrupciones en la cadena de suministro se intensificaron a nivel internacional causando incertidumbre en los consumidores y consecuentemente haciendo que las empresas tomen decisiones respecto a la capacidad de respuesta que disponían [3].

En Ecuador, existe limitada investigación y desarrollo en el área logística, principalmente, en la gestión logística, esto debido a la ineficiencia de las organizaciones en la administración de las cadenas de suministro y a la poca

vinculación de la academia con el sector empresarial para el desarrollo de proyectos de esta índole [4]. Además, en las organizaciones existen problemas en cuanto a los cambios en la matriz productiva, las relaciones externas de las partes interesadas, el flujo de información, etc., para lo cual se necesitan gestionar de forma adecuada los recursos e implementar estrategias de mejora no únicamente en los procesos productivos, sino también en los de distribución [5].

Por todo esto, es necesario analizar a las empresas de la región y su flexibilidad en su cadena de suministro, asimismo, las implicaciones y consecuencias de no disponer de un Centro de Distribución (CEDI) , lo cual se traduce en la insatisfacción del cliente, aumento del costo de transporte, tiempos de respuesta prolongados, etc.

Dentro de esta realidad se encuentra la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA., dedicada a la importación y comercialización de autopartes en diversos puntos del Ecuador, y que por la creciente demanda de sus clientes requiere un análisis exhaustivo de sus costos de distribución a nivel local, debido a que, el costo de transportar ciertos pedidos ha afectado a la capacidad de respuesta de su cadena de suministro, todo esto por las grandes distancias recorridas para la entrega de sus productos.

Así también, la necesidad de mejorar su tiempo de respuesta es de suma importancia debido a los reclamos de sus clientes, pues las zonas que cubren los pedidos de forma eficiente incluyen únicamente el centro del país y para mejorar el nivel de servicio a los demás consumidores, surge la posibilidad de ubicar un CEDI en la región litoral que permita la obtención de un mejor manejo logístico en toda la organización.

## **1.2 Antecedentes investigativos**

La ubicación estratégica de los centros de distribución es un aspecto crucial para el éxito de las operaciones logísticas de una empresa. Diversos estudios e investigaciones han demostrado la importancia de seleccionar cuidadosamente la ubicación de estos centros, ya que puede tener un impacto significativo en la eficiencia de la cadena de suministro y los costos asociados. Los investigadores han analizado factores como la proximidad a los proveedores y clientes, la infraestructura de transporte, los costos de

mano de obra y las condiciones geográficas para determinar la mejor ubicación de un centro de distribución [2].

Semejantes indagaciones que abarcan el ámbito de estudio, establecen la relación entre la reducción de los costos de distribución y la ubicación óptima de un CEDI, cuando se aplican estrategias que incluyan la descripción detallada de los procesos logísticos que se manejan en la empresa, el análisis y proyección de la demanda, y la conexión sustancial que existe entre toda la cadena de valor se encuentran soluciones como la utilización de métodos de ubicación de instalaciones como es el caso del método de gravedad, en dónde se muestran resultados de que se puede llegar a disminuir dichos costos hasta en un 2.39% del costo inicial [6], considerando los factores que involucran a la empresa del estudio.

Dentro de los factores que para determinar el costo de distribución se encuentran el número de rutas, el número de entregas, la cantidad de productos entregados y la distancia total recorrida, estos valores sirven para explicar la situación inicial de las empresas en muchos casos [6], asimismo, los indicadores que se evalúan cuando se están llevando a cabo los nuevos procesos de distribución desde un CEDI ya establecido vienen determinados por los asociados a la calidad del inventario (porcentaje de error en órdenes despachadas) , a la productividad (capacidad del almacén), a los costos operativos (costo de la unidad almacenada), y al tiempo (tiempo de surtido y de orden), es sustancial que los registros nuevos y anteriores se comparen para ver los aspectos que se mejoraron y las alternativas para seguir haciéndolo [7].

Asimismo, es indispensable constatar los beneficios de la adecuada localización de un CEDI, la planeación estrategia de la cadena suministro es un factor interconectado a la ubicación de los centros de distribución y las funciones de ofrecer flexibilidad ante la oferta y demanda proporcionan un servicio de calidad y evitan el movimiento de productos a puntos no idóneos [8], también se destacan ciertas variables que influyen en la ejecución de la localización de un CEDI como son las variables sociales (protección ambiental, recursos humanos y la política industrial), económicas (costo de alquileres o construcción, costos operativos), medio ambiente (condiciones geológicas, hidrológicas y topográficas), infraestructura (accesibilidad vial y servicios

básicos disponibles) y el entorno empresarial (competidores, demanda y nivel de servicio) [9].

Por otro lado, en cuanto a la industria de comercialización de autopartes, según un informe del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se observa que la concentración de establecimientos del sector automotriz es mayor en las provincias de Guayas, Pichincha y Azuay, representando el 27%, el 17% y el 8.1% respectivamente [10], y también se espera que el mercado mundial de autopartes alcance un valor de alrededor de 281 billones de dólares para Estados Unidos y de 153 billones de dólares en Europa para el año 2035, lo cual permite una posibilidad de expansión del mercado objetivo a nivel nacional e internacional [11].

No obstante, el costo de distribución para la empresa en estudio también puede ser determinado mediante ciertas investigaciones llevadas a cabo en la empresa, puesto que el autor explica en detalle la gestión de los costos de distribución asociados al transporte de la mercancía y su importancia para la flexibilidad de la cadena de suministro [12].

### **1.3 Fundamentación teórica**

Para el desenvolvimiento de este proyecto de investigación es necesario tomar en cuenta los siguientes conceptos fundamentales:

#### **1.3.1 Cadena de suministro**

Constituye la gestión adecuada de los procesos de planificación, abastecimiento, fabricación, distribución y devolución de los pedidos, cada uno de estos pasos representa un eslabón significativo y crucial al momento de obtener un producto o servicio de calidad. Corresponden de esta forma una interrelación permanente entre todas las partes interesadas de la empresa y que aseguran la obtención de resultados [6].

### a. Análisis ABC

La técnica de gestión empresarial conocida como análisis ABC permite a las empresas evaluar su situación actual y tomar medidas adecuadas en base a los datos obtenidos. Este método se utiliza para responder preguntas sobre ventas, costos y beneficios, incluyendo cuales clientes generan la mayoría de las ventas, qué materias primas son más costosas y qué productos o servicios son los más rentables. Los elementos evaluados se clasifican en las categorías A (muy importantes), B (medianamente importantes) y C (menos importantes) en función de su porcentaje en la cifra global. El análisis ABC se basa en el principio de Pareto o regla del 80/20, lo que significa que el 20% de los clientes o productos generan el 80% de las ventas. En definitiva, el análisis ABC permite a las empresas conocer mejor sus costos y beneficios, lo que ayuda a tomar decisiones en áreas como la atención al cliente, las compras y el marketing [7].

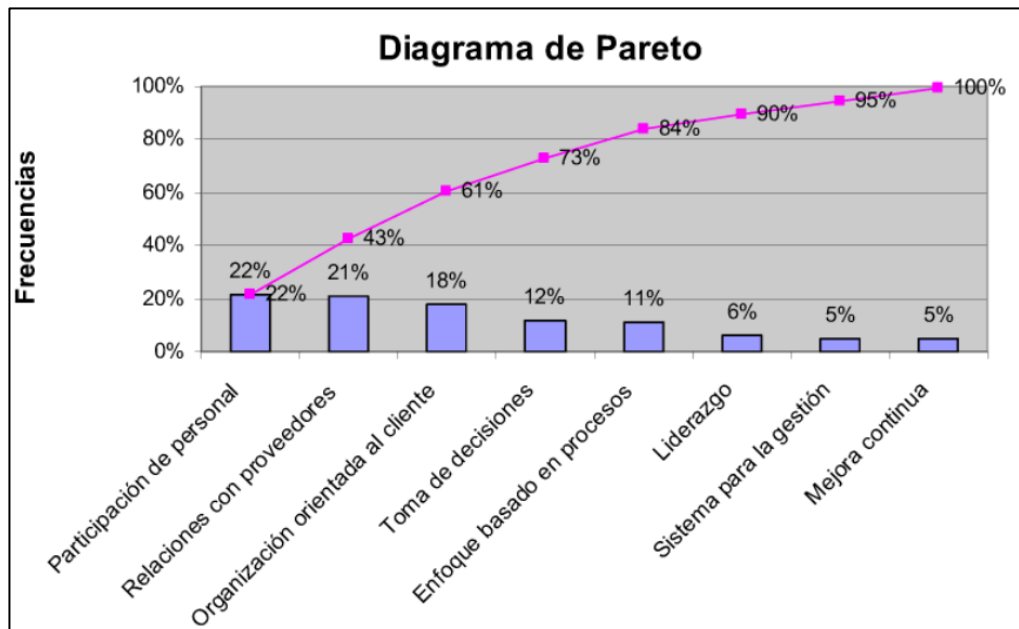




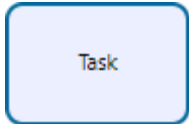


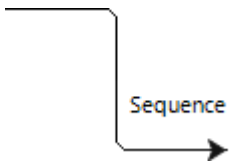
Figura 1. Diagrama de Pareto

### b. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso o sistema que utiliza símbolos y formas para ilustrar los pasos involucrados. El software Bizagi Modeler es una herramienta de modelado de procesos que permite a los usuarios crear diagramas

de flujo utilizando una variedad de símbolos y formas. Algunos de los símbolos comunes utilizados en los diagramas de flujo incluyen [8]:

Tabla 1. Elementos en Bizagi Modeler

Definición	Símbolo
<b>Inicio/Fin:</b> Representado por un óvalo, este símbolo indica el inicio o el final del proceso.	  Start Event      End
<b>Proceso:</b> Representado por un rectángulo, este símbolo indica una acción o tarea que se realiza en el proceso.	
<b>Decisión:</b> Representado por un rombo, este símbolo indica una decisión que se debe tomar en el proceso.	  Exclusive gateway      Exclusive gateway
<b>Conector:</b> Representado por un círculo, este símbolo indica la conexión entre dos partes del proceso.	 Sequence Flow

### c. Análisis FODA

El análisis FODA (también conocido como DAFO) es una técnica de análisis estratégico que se utiliza para identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de una empresa o proyecto específico. El análisis FODA se puede utilizar para evaluar la situación actual de una empresa y para desarrollar un plan estratégico para el futuro [9].

El análisis FODA se divide en cuatro categorías principales:

**Fortalezas:** Las fortalezas son los atributos internos de una empresa que le dan una ventaja competitiva en el mercado.

Oportunidades: Las oportunidades son factores externos que pueden ayudar a una empresa a crecer y prosperar.

Debilidades: Las debilidades son los atributos internos de una empresa que pueden limitar su capacidad para competir en el mercado.

Amenazas: Las amenazas son factores externos que pueden tener un impacto negativo en el desarrollo de la empresa.

### **1.3.2 Logística**

Conjunto de procesos empresariales que buscan el aseguramiento de los objetivos intrínsecos de la organización; estos procesos son el de almacenamiento, el de transporte, el de flujos de internos (materiales, personas, información, etc.), manejo de inventarios y gestión de datos en toda la cadena de suministro que maneja la empresa [10] todo esto tratando de optimizar los recursos disponibles y establecer una adecuada relación entre oferta y demanda [11].

#### ***a. Procesos logísticos***

Los procesos logísticos desempeñan un papel crucial en la mejora de la atención al cliente. Al optimizar la cadena de suministro, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega final del producto, se pueden lograr mejoras significativas en la experiencia del cliente [12]. Una gestión eficiente de inventario y una planificación adecuada de la demanda garantizan que los productos estén disponibles cuando los clientes los necesiten [2].

Además, una logística ágil y bien coordinada permite una entrega rápida y confiable, lo que se traduce en tiempos de espera reducidos y una mayor satisfacción del cliente. La visibilidad y el seguimiento en tiempo real de los envíos también contribuyen a una mejor comunicación con los clientes, brindándoles información actualizada sobre el estado de sus pedidos, también, la optimización de rutas y el uso de tecnologías avanzadas, como la automatización y el seguimiento en tiempo real, permiten una mayor velocidad y flexibilidad en las operaciones [2].



La colaboración estrecha con los socios logísticos, la utilización de tecnologías avanzadas, como el uso de drones o la inteligencia artificial, y la implementación de prácticas de gestión lean también pueden ayudar a agilizar los tiempos de entrega [13].

#### ***b. Courier***

Servicio de mensajería que ofrece una empresa de transporte con el objetivo de hacer llegar al destinatario sus artículos de forma segura [14].

### **1.3.3 Centro de distribución (CEDI)**

Lugar físico que sirve para el almacenamiento de productos y gestión de pedidos, en dónde se realizan actividades de movimiento y tratamiento de la mercadería. Deben estar ubicados de forma estratégica con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes de forma eficaz y eficiente [15].

#### ***a. Operaciones que se llevan a cabo en un CEDI***

En los centros de distribución, se llevan a cabo diversas operaciones que son esenciales para una gestión eficiente. Es importante que los directivos tengan un conocimiento detallado de estas operaciones con el fin de evaluar si se están realizando tareas innecesarias y utilizando recursos en actividades que no son propias del almacén. A continuación, se describe brevemente cada una de estas operaciones [16]:

- ***Recepción y descarga:*** En esta etapa, se llevan a cabo todas las actividades necesarias para recibir o despachar la mercancía desde y hacia los vehículos que llegan al muelle de carga o descarga.
- ***Movimiento y almacenamiento:*** Esta operación implica todas las actividades para trasladar la mercancía desde el área de recepción a su ubicación de almacenamiento, así como desde el almacenamiento hasta los muelles de carga [17].
- ***Recogida (picking):*** Consiste en la selección de la mercancía de acuerdo con los requerimientos de los clientes o las solicitudes de pedidos. En esta etapa, se recoge la mercancía de su ubicación de almacenamiento específica.
- ***Empaquetado y carga:*** Una vez que se ha recogido la mercancía de su

ubicación de almacenamiento, se procede a empaquetarla o a formar paletas de acuerdo con los requisitos del pedido.

- ***Mantenimiento, saneamiento y seguridad:*** Estas tareas son de apoyo para las labores del almacén. Incluyen actividades relacionadas con el mantenimiento de las instalaciones, la higiene y la seguridad para garantizar un entorno de trabajo adecuado [18].
- ***Control de vehículos (recepción y despacho):*** Esta operación implica la programación y coordinación de fechas, horarios y puntos de llegada y salida de los vehículos que transportan la mercancía.
- ***Manejo de devoluciones:*** Esta operación se encarga de gestionar las devoluciones de productos debido a problemas de calidad, excedentes o productos obsoletos. Puede involucrar devoluciones internas dentro del centro de distribución o recepción de devoluciones de terceros a quienes se les ha enviado la mercancía [19].

Estas operaciones son esenciales para el funcionamiento eficiente de un centro de distribución, y su correcta gestión contribuye a optimizar los procesos logísticos y garantizar una cadena de suministro efectiva [16].

### **1.3.4 Métodos de ubicación de instalaciones (Localización estática: un centro)**

#### ***a. Método del ranking de factores***

Es un enfoque que utiliza un sistema de evaluación que toma en cuenta diversos aspectos de ubicación de la planta, como el mercado, las materias primas, la mano de obra, el transporte, los servicios, la energía y otros elementos relevantes. De entre estos factores, se deben seleccionar aquellos que sean aplicables al caso específico en cuestión [20].

#### ***b. Método gráfico de Webber***

Consiste en emplear un grafica de dos dimensiones e interpretar los costes de transporte no lineales, se debe conocer la demanda y ubicación de los clientes. El precio del transporte se determina multiplicando el coste unitario de transporte (expresado en euros por tonelada-kilómetro o euros por metro cúbico-kilómetro, u

otras unidades relevantes de coste, capacidad y distancia/tiempo) por la cantidad de materiales afectados por ese coste unitario de transporte (medida en unidades de capacidad por unidad de tiempo: toneladas por semana, metros cúbicos por mes, palets por año, etc.) [11].

**c. Método del centro de gravedad**

Este enfoque se basa en la idea intuitiva de que, si se desea minimizar los costos totales de transporte, es más beneficioso ubicarse cerca de los puntos de mayor demanda. Lo mismo ocurre con aquellos puntos en los que los costos unitarios de transporte son altos [20]. En resumen, cada punto de demanda o producción ejerce una atracción sobre el almacén proporcional al producto del costo unitario de transporte y el flujo de materiales asociado a ese punto. En este caso, la ubicación óptima del almacén sería cerca del centro de gravedad de un cuerpo imaginario en el cual cada punto de origen/destino se considera como una densidad determinada por el producto mencionado. La expresión analítica que determina las coordenadas de dicho centro de gravedad, una vez que se ha establecido un sistema de referencia arbitrario, como se muestra en la Ecuación 1 y Ecuación 2 [11]:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_i R_i X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} V_i R_i} \tag{1}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_i R_i Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} V_i R_i} \tag{2}$$

En dónde:

$V_i$  : flujo transportado desde/a el punto  $i$  (t)

$R_i$  : tarifa de transporte para enviar una unidad de mercancía desde/a el punto  $i$  (\$/t-km)

$X_i, Y_i$  : coordenadas del punto  $i$

- **Teorema de Haversine o del semiverseno:** Es una fórmula que fue descubierta por James Andrew en 1805 que permite el cálculo de la distancia entre dos puntos de una esfera (Tierra), utilizando las latitudes y longitudes de los puntos como referencia [21], a continuación se describen las ecuaciones:

$$\Delta \text{ long} = (\text{long}2 + \text{long}1) \cos\left(\frac{\text{lat}1 + \text{lat}2}{2}\right) = \cos a \cos b - \sin a \sin b \quad (3)$$

$$\Delta \text{ lat} = (\text{lat}2 - \text{lat}1) \quad (4)$$

$$a = \sin 2\left(\frac{\Delta \text{ lat}}{2}\right) + \cos(\text{lat}1) \cos(\text{lat}2) \sin 2\left(\frac{\Delta \text{ long}}{2}\right) \quad (5)$$

$$d = \sqrt{(a)}R \quad (6)$$

En dónde:

$R = \text{radio de la Tierra} = 6371 \text{ (km)}$

$(1 \text{ grado sexagesimal} = 0.0174532925 \text{ radianes})$

$\Delta \text{ lat} = \text{variación de latitud}$

$\Delta \text{ long} = \text{variación de longitud}$

$d = \text{distancia (km)}$

#### **d. Método de Brown y Gibson**

Este método comprende cuatro etapas:

- Calcular un valor relativo para cada factor objetivo (FO) en cada ubicación propuesta.
- Determinar un valor relativo para cada factor subjetivo (FS) en cada ubicación propuesta.
- Combinar los factores objetivos y subjetivos asignándoles una ponderación relativa, con el fin de obtener una medida de preferencia de ubicación (MPL).
- Seleccionar la ubicación que tenga la medida de preferencia de ubicación más alta.

### *e. Métodos de optimización*

Los modelos de optimización para ubicar centros de distribución son herramientas fundamentales en la gestión logística y la planificación estratégica de las empresas [22]. Estos modelos buscan determinar la ubicación óptima de los centros de distribución con el objetivo de minimizar los costos operativos y maximizar la eficiencia en la cadena de suministro [23].

Existen diferentes enfoques y técnicas utilizadas en estos modelos, como la programación lineal, la programación entera, la programación no lineal y los algoritmos heurísticos [24]. Estos métodos consideran múltiples variables y restricciones, como la demanda de los productos, los costos de transporte, las capacidades de almacenamiento y las restricciones geográficas [25].

Al utilizar estos modelos, las empresas pueden evaluar diversas alternativas de ubicación de centros de distribución, teniendo en cuenta diferentes escenarios y criterios de decisión [26]. Además, se pueden considerar factores adicionales, como la proximidad a los proveedores y los clientes, el tiempo de entrega, la disponibilidad de infraestructuras logísticas y las condiciones del mercado [23].

### *f. AHP*

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es un método matemático que se utiliza para la toma de decisiones en situaciones complejas y con múltiples criterios. El AHP se basa en la descomposición de un problema en una jerarquía de elementos, que se organizan en niveles y se comparan en pares. El objetivo es determinar la importancia relativa de cada elemento en la jerarquía y, finalmente, seleccionar la mejor alternativa un ejemplo de esto se muestra en la Figura 2 [27].

Para aplicar el método AHP en la selección de un Centro de Distribución, se deben seguir los siguientes pasos:

- Definir el problema: Identificar los objetivos y los criterios que se van a emplear, además de las diferentes alternativas que van a ser objeto de estudio.

- Jerarquizar el problema: Organizar las ideas y definir los objetivos y los criterios que se van a emplear, además de las diferentes alternativas que van a ser objeto de estudio [28].
- Asignar pesos a los criterios: Determinar cuáles son los criterios que se van a valorar y asignarles un peso relativo [22].
- Evaluar las alternativas: Evaluar cada alternativa en función de los criterios definidos.
- Calcular los puntajes: Calcular los puntajes de cada alternativa en función de los pesos asignados a los criterios.
- Seleccionar la mejor alternativa: Seleccionar la alternativa con el puntaje más alto.

Principio de establecimiento de prioridades: El principio de establecimiento de prioridades se basa en el modelo AHP, que permite comparar y generar prioridades entre dos o más subcriterios mediante una matriz de comparación [29].

Este modelo también es capaz de sintetizar juicios de múltiples investigadores y generar un ranking o categorización ponderada[30]. Para lograr una integración de los juicios de cada investigador, se utiliza la media geométrica en la ecuación, ya que puede ser difícil llegar a un consenso cuando hay múltiples investigadores involucrados en el proceso [31].

$$A_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{1}^n a_{ij}^n} \quad (7)$$

Donde:

$A_{ij}$  = resultado de la integración de los juicios para el par de criterios  $i, j$ .

$a_{ij}^n$  = juicio de la par interesada para dar criterios  $i, j$ .

$n$  = número de investigadores participantes

- **Principio de consistencia lógica:** Las personas tienen la capacidad de establecer conexiones entre objetos o ideas, pero estas conexiones se categorizan según ciertas referencias [32]. Es importante que estas relaciones sean consistentes, lo que significa que deben ser proporcionales y transitivas [33].

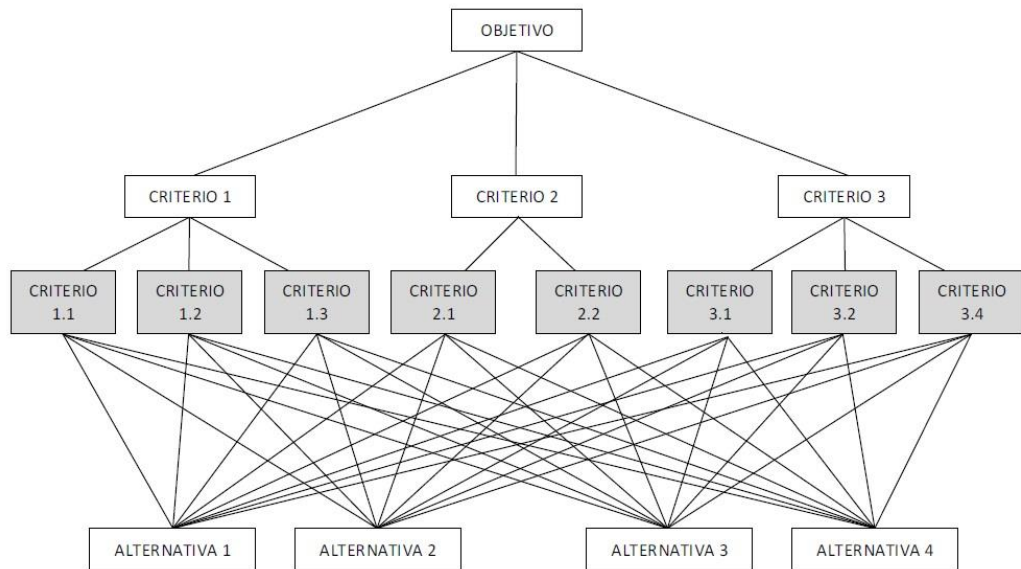


Figura 2. Estructura jerárquica del modelo AHP

### 1.3.5 Análisis de factibilidad

- **Ruteo dinámico**

El enrutamiento dinámico es una estrategia fundamental que se utiliza desde un centro de distribución para optimizar la eficiencia de las operaciones logísticas. Consiste en la planificación en tiempo real de las rutas de transporte, teniendo en cuenta factores variables como el tráfico, las condiciones climáticas y las demandas de los clientes. Mediante el uso de tecnologías avanzadas y algoritmos inteligentes, se pueden tomar decisiones rápidas y precisas para seleccionar las rutas más eficientes y minimizar los tiempos de entrega [34].

El enrutamiento dinámico permite ajustar las rutas sobre la marcha, lo que mejora la capacidad de respuesta ante cambios imprevistos y optimiza el uso de los recursos disponibles. Además, al reducir los tiempos de viaje y los costos operativos, el enrutamiento dinámico desde el centro de distribución contribuye a aumentar la

satisfacción del cliente al cumplir con los plazos de entrega y brindar un servicio confiable y eficiente. En resumen, el enrutamiento dinámico es una herramienta estratégica que permite maximizar la eficiencia de las operaciones logísticas desde el centro de distribución, optimizando las rutas de transporte y mejorando la calidad del servicio ofrecido [11].

- **Costos fijos**

La ubicación de un centro de distribución conlleva costos fijos significativos que deben ser considerados de manera cuidadosa. Estos costos están relacionados con la infraestructura y los recursos necesarios para establecer y mantener el centro de distribución en una determinada ubicación geográfica. Algunos de estos costos incluyen el alquiler o la adquisición del terreno y las instalaciones, los gastos de construcción y adecuación del espacio, los impuestos locales, los servicios públicos, el personal de gestión y operaciones, y los costos de transporte y logística asociados con la ubicación elegida. Es esencial evaluar minuciosamente estos costos fijos y compararlos con los beneficios potenciales que ofrece la ubicación en términos de proximidad a los clientes, acceso a vías de transporte clave, disponibilidad de mano de obra calificada y condiciones económicas favorables. Una decisión bien fundamentada en relación con la ubicación del centro de distribución puede ayudar a minimizar los costos fijos y maximizar la eficiencia operativa, contribuyendo así al éxito general de la cadena de suministro de la empresa [11].

- **Costos variables**

La ubicación de un centro de distribución también implica costos variables que deben ser considerados cuidadosamente. Estos costos están directamente relacionados con la distancia entre el centro de distribución y los proveedores, así como con la cercanía a los clientes. Los costos variables incluyen los gastos de transporte, tanto de entrada como de salida, que se derivan del movimiento de mercancías desde y hacia el centro de distribución. Cuanto más lejos se encuentren los proveedores o los clientes, mayores serán los costos de transporte asociados [35].

Además, otros costos variables pueden incluir aranceles aduaneros, peajes de carretera y tarifas de almacenamiento en tránsito. Es fundamental tener en cuenta estos costos



variables al seleccionar la ubicación del centro de distribución, ya que pueden afectar directamente la rentabilidad y la eficiencia de la cadena de suministro. Evaluar detenidamente estos costos y considerar tanto las necesidades de los clientes como las estrategias de abastecimiento puede ayudar a minimizar los costos variables y optimizar la operación logística en general [11].

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar la factibilidad para la ubicación de un CEDI para la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.”

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar la situación actual del proceso de distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA.
- Identificar los parámetros necesarios para la ubicación de un CEDI utilizando métodos de localización de instalaciones.
- Determinar la factibilidad para la ubicación de un CEDI mediante la comparación de los costos de distribución en los escenarios planteados.


## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En la Tabla 2 se muestran los materiales utilizados en la realización del proyecto de investigación.

Tabla 2. Materiales empleados en la investigación

Materiales	Descripción	Figura
<b>Recursos físicos</b>		
<b>Computador</b>	Dispositivo mediante el cual se procesa información mediante distintas herramientas.	
<b>Celular</b>	Dispositivo digital utilizado para registrar evidencias fotográficas de las visitas a la empresa.	
<b>Softwares y recursos web</b>		
<b>Microsoft Word</b>	Herramienta digital que nos ayuda a realizar documentos y plasmar contenido de manera ordenada.	
<b>AutoCAD</b>	Software de dibujo asistido por computadora que ayuda en el modelado de objetos 2D y 3D.	
<b>Bizagi Modeler</b>	Software para diagramación y esquematización de procesos.	
<b>Excel</b>	Software para realizar cálculos matemáticos, procesamiento de datos y gráficos interactivos.	

Materiales	Descripción	Figura
<b>Softwares y recursos web</b>		
<b>Google Maps</b>	Herramienta para ubicación de clientes y sus distancias con respecto a la planta principal ubicada en Ambato.	
<b>Visio</b>	Software para realizar diagramas de diversas áreas.	
<b>Zotero</b>	Software para gestionar referencias bibliográficas.	
<b>Power BI</b>	Software para realizar gráficos interactivos a partir de datos disponibles.	
<b>Lingo</b>	Software para resolución de problemas de programación lineal.	
<b>Expert Choice</b>	Software para toma de decisiones que sigue una jerarquía específica de acuerdo a las necesidades del investigador.	

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Modalidad de la investigación

El presente proyecto de investigación se enfoca en aplicar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante la carrera universitaria para abordar el problema de logística y distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CIA. LTDA. Se utilizó un enfoque cuali-cuantitativo para analizar y determinar las causas subyacentes de la problemática, con el objetivo de ofrecer soluciones viables.

### ***a. Investigación Bibliográfica – Documental***

En cuanto a la investigación bibliográfica-documental, su propósito es ampliar los conocimientos a través de contribuciones científicas y culturales de varios autores relacionados con el tema. Se buscó información relevante en investigaciones previas y fuentes confiables como libros, artículos científicos, revistas indexadas, normativas vigentes en el país y páginas web confiables.

En cuanto a la recopilación de información bibliográfica se utilizaron los repositorios disponibles de distintas universidades, uno de los más utilizados en esta investigación fue el de la Universidad Técnica de Ambato. Además, de la disposición de bases de datos como *Scopus* o *Web of science*. Por otra parte, las bibliotecas virtuales como E-libro y *Scielo* destacaron en la búsqueda de información para plantear los criterios y subcriterios del modelo de decisión multicriterio AHP.

### ***b. Investigación de Campo***

La investigación de campo se emplea para obtener información precisa y oportuna de las instalaciones de la empresa. Esto permitió acceder a datos y requisitos de fuentes primarias, específicamente de la persona involucrada en el proceso de distribución y para ello fue necesario utilizar la entrevista no estructurada y observación directa del área. La información recopilada fueron las bases de datos de los clientes, su ubicación geográfica y demanda, además de los costos de envío a cada zona del país y la secuencia de cómo se lleva a cabo el proceso de distribución en la empresa.

### ***c. Investigación Aplicada***

La investigación aplicada está vinculada a la aplicación de los conocimientos de la metodología combinada que se utilizó para las fases de la localización del CEDI, teniendo en cuenta los siguiente:

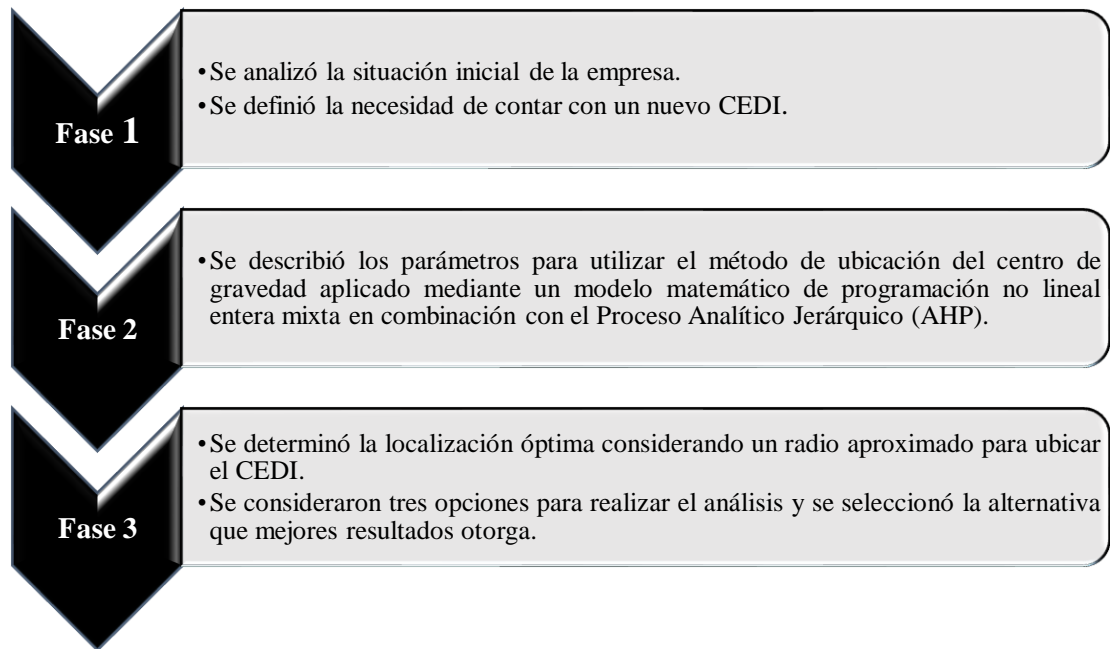


Figura 3. Fases de la investigación aplicada

#### *d. Investigación Exploratoria*

Dado que actualmente hay poca información o proyectos de investigación relacionados con el tema propuesto, se llevó a cabo una investigación exploratoria. Esta investigación es de gran interés, ya que ayudó a identificar los factores clave para la ubicación adecuada a través de una búsqueda en internet de diversos artículos científicos y contrastar información cuantitativa y cualitativa por medio del análisis de los resultados de la programación no lineal entera mixta y la decisión multicriterio a través del AHP.

#### **2.2.2 Población y muestra**

“RECTIMA INDUSTRY CIA. LTDA.” únicamente cuenta con un encargado en el área de logística a nivel nacional como se muestra en la Tabla 5, el cual proporcionó la información relevante para el caso de estudio en cuánto al desenvolvimiento de los procesos logísticos, demanda y ubicación de los clientes, y demás datos importantes para el análisis; por lo que la población de estudio fue el 100% de los trabajadores y procesos realizados en esta área.

### 2.2.3 Recolección de información

La recopilación de datos se llevó a cabo durante los días hábiles y en horario laboral, específicamente de 8:00 a 17:00. Para este propósito, se utilizó las técnicas, métodos e instrumentos mencionados en la Tabla 3.

Tabla 3. Recolección de la información

Objetivos de la investigación	Actividades de la investigación	Técnica/Método	Instrumento o herramientas
<b>Analizar la situación actual del proceso de distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CIA. LTDA.</b>	Se recolectó la información de la situación actual de la empresa con respecto a la ubicación y demanda de los clientes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis documental</li> <li>Entrevista no estructurada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Página web de la empresa (Visio).</li> <li>Preguntas pertinentes.</li> </ul>
	Se recolectó la información pertinente al proceso de distribución, actividades, responsables y costos asociados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación directa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama SIPOC (Visio).</li> </ul>
	Se discernió la información relevante para ser tratada con objetividad y claridad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis FODA</li> <li>Diagrama de flujo (Bizagi Modeler).</li> </ul>
<b>Identificar los parámetros necesarios para la ubicación de un CEDI utilizando métodos de localización de instalaciones.</b>	Se definió un método de ubicación de instalaciones acorde a las necesidades de la empresa y considerando la información disponible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación bibliográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos científicos, tesis, trabajos de investigación.</li> </ul>
	Se establecieron los parámetros necesarios para la ubicación de un CEDI para la empresa caso de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de información geográfica (My Maps).</li> </ul>

Objetivos de la investigación	Actividades de la investigación	Técnica/Método	Instrumento o herramientas
	Se planteó el modelo de decisión AHP en base a bibliografía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigación bibliográfica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Artículos científicos, libros y bases de datos.</li> </ul>
<b>Determinar la factibilidad para la ubicación de un CEDI mediante la comparación de los costos de distribución en los escenarios planteados.</b>	Se determinó la mejor alternativa de ubicación del nuevo CEDI en base a la metodología definida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Centro de gravedad (Excel).</li> </ul>
	Se determinó los costos de distribución para la ubicación propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AHP (Expert Choice).</li> </ul>
	Se realizó un análisis y comparación de la situación actual con la propuesta planteada para la localización del nuevo CEDI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método comparativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de escenarios.</li> </ul>

#### 2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Toda la información recolectada a través de diversas metodologías de investigación recopilación de datos fue procesada utilizando distintas herramientas como las mencionadas en la Tabla 3, de acuerdo con la naturaleza de los datos. Estas herramientas facilitarán la codificación, tabulación y representación de la información de manera que sea comprensible y útil para su aplicación en el desarrollo del proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta los objetivos y requerimientos de la empresa, así como los factores clave que influyen en la eficiencia logística, se recomienda establecer el centro de distribución en una ubicación estratégica que cumpla con los siguientes criterios generales:

1. **Accesibilidad y conectividad:** Seleccionar una ubicación que esté cerca de importantes vías de transporte, como carreteras principales, autopistas o puertos. Esto garantizará una fácil y rápida conexión con proveedores, clientes y otras instalaciones logísticas.
2. **Cobertura geográfica:** Buscar una ubicación central que permita cubrir de manera eficiente y efectiva la mayor cantidad de regiones o áreas de demanda. Esto minimizará los costos de transporte y tiempos de entrega, al tiempo que maximizará la capacidad de llegar a los clientes en un radio amplio.
3. **Análisis de costos:** Realizar un análisis exhaustivo de los costos asociados con la ubicación propuesta. Esto incluye los costos de adquisición o arrendamiento del terreno, construcción o adecuación de instalaciones, impuestos, mano de obra, transporte y otros gastos operativos [33].

En cuanto al análisis de los datos, siguiendo el propósito del proyecto, los resultados fueron evaluados utilizando indicadores clave de desempeño. Además, todos los datos obtenidos en el proyecto de investigación fueron comparados con los datos actuales de la empresa "RECTIMA INDUSTRY CIA. LTDA".



## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Entrevista

La entrevista realizada al encargado del departamento de bodega, el Ing. Luis Enrique Cepeda Espín, la misma que se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa como se muestra en la Figura 4, además de brindar la aprobación para iniciar con el proyecto; quién proporcionó la información correspondiente para su análisis y discusión, a continuación, se muestran las preguntas realizadas en la misma.



Figura 4. Instalaciones de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA

- **Sección 1: Información general de la empresa**

¿Posee la empresa un diagrama estructural, misión, visión, objetivos y valores?

Sí, algunos de estos recursos se encuentran disponibles en la página web de la empresa.

- **Sección 2: Proceso de distribución**

¿Conoce a profundidad todo lo que implica el proceso de distribución en la empresa?

Sí, al ser el encargado de bodega y generalmente realizar la descarga de los productos, conozco la relación del proceso de distribución con el resto de los procesos administrativos.

¿Cómo se lleva a cabo el proceso de distribución en la empresa?

El proceso de distribución empieza con la notificación de la llegada de contenedores que ingresan al encargado del departamento de importaciones, se recibe el producto y se comprueba que esté en óptimas condiciones, caso contrario se notifica al departamento financiero y que ellos dispongan qué hacer con los contenedores. Después, se procede a unificar los ítems y almacenarlos en la bodega, cuando un pedido es emitido por el departamento de ventas se asigna un operario que realice el proceso de picking y cuando la orden está lista se procede a organizar las bahías de embarque; se cargan los camiones aproximadamente a las 17:00 y el departamento de logística controla si es que se entregó el pedido en el plazo acordado.

¿Cuáles han sido los inconvenientes que ha presentado la empresa en cuánto al proceso de distribución?

Han existido algunos problemas en cuanto al proceso de distribución debido a que las entregas no se realizan en algunas ciudades en el tiempo que los clientes exigen y también han existido devoluciones de mercadería por ese factor.

- **Sección 3. Costos de distribución**

¿Cuánto cuesta enviar cada bulto? ¿Se paga por bulto o se paga por km recorrido?

Por cada tipo de transportista se tiene un costo de distribución diferente, aunque siempre se paga por bulto enviado.

¿Cuáles son los costos de envío de cada bulto a cada ciudad del país?

Tenemos a disposición de la empresa cinco courier, que son los siguientes:

Tabla 4. Courier de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA LTDA.

Courier	Ciudades	Costo de envío
Prokar	Ambato	\$2.90
David Moncayo 1	Salcedo, Latacunga, Mejía, Sangolqui, Quito.	\$2.10
David Moncayo 2	Ibarra, Cayambe, Otavalo, Tulcán.	\$3.50
Urbano	Santo Domingo, Cuenca, Esmeraldas, Loja, Manta.	\$3.15
Servientrega	Resto del país	\$3.50

#### **Sección 4: Ubicación y demanda**

¿Existe información detallada de la ubicación y demanda de los clientes?

Sí, el software que maneja la empresa almacena ese tipo de información en base a los bultos que se envían y la ciudad a la que se están realizando los envíos.

¿Considera que ha existido un aumento en el mercado a nivel nacional en estos últimos años?

Sí, la empresa ha podido ingresar a nuevos mercados en estos últimos años.

¿Cuál es la ubicación del puerto marítimo a dónde llega la importación al país?

La ubicación del puerto marítimo es en la ciudad de Guayaquil.

#### **Sección 5: General**

¿Qué tipo de flota maneja la empresa?

La empresa maneja el tipo de flota subcontratada.

¿Cuáles son los factores necesarios que usted consideraría para ubicar un CEDI?

Los factores que considero necesarios para ubicar un CEDI son la cercanía al puerto, ubicación estratégica del CEDI, y los costos asociados.

¿Existen proveedores a nivel nacional?

No, los proveedores son únicamente internacionales, los países de dónde más se importa son China, Brasil, Italia, Polonia y EE.UU.

##### **3.1.1 Análisis de la entrevista**

La información brindada en la entrevista sirve como base para explicar la situación actual de la empresa, cómo se encuentra estructurada, y, asimismo, se obtuvo información pertinente al proceso de distribución, la ubicación y demanda de los

clientes y proveedores, estos datos se exponen de manera profesional en los siguientes apartados de la investigación.

### **3.1.2 La empresa**

#### ***a. Historia***

RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA. tiene su origen en el seno de la familia Alvarado, específicamente en la empresa familiar denominada "Importadora Alvarado," que tiene su sede en la ciudad de Ambato. Con el tiempo, se decidió comercializar una amplia variedad de repuestos para automóviles, en específico de la distribución de productos relacionados con la suspensión, la caja de transmisión, componentes eléctricos y accesorios de ajuste, contribuyendo a la formación de lo que hoy es una empresa ambateña que ha experimentado un crecimiento incesante.



Figura 5. Logo institucional

#### ***b. Filosofía empresarial***

- ***Misión***

Somos importadores y comercializadores de autopartes en las líneas de desgaste, mantenimiento y accesorios con marcas propias, calidad, garantía y entrega sin costo a nivel nacional[36].

- ***Visión***

Seremos el líder nacional en desgaste, mantenimiento, misceláneos y accesorios; reconocidos por su excelencia en talento humano, atención al cliente, calidad, innovación, disponibilidad, tecnología y entrega inmediata[36].

- *Valores corporativos*

### **Honestidad**

Decimos la verdad e informamos todo lo que es necesario a las personas involucradas en nuestro negocio.

Cumplimos con la ley.

Evitamos beneficiarnos o beneficiar a otros irregularmente.

### **Esfuerzo**

Damos el mayor esfuerzo para cumplir con nuestras funciones.

Ponemos fuerza de voluntad y entrega ante la adversidad.

### **Responsabilidad**

Somos conscientes que nuestras acciones tienen consecuencias.

Cumplimos con nuestra labor.

### *c. Ubicación*

La empresa se encuentra ubicada en el sector del parque industrial (Panamericana Nte., Quito, Ecuador, calle 5 entre la avenida “F” y “D” ).

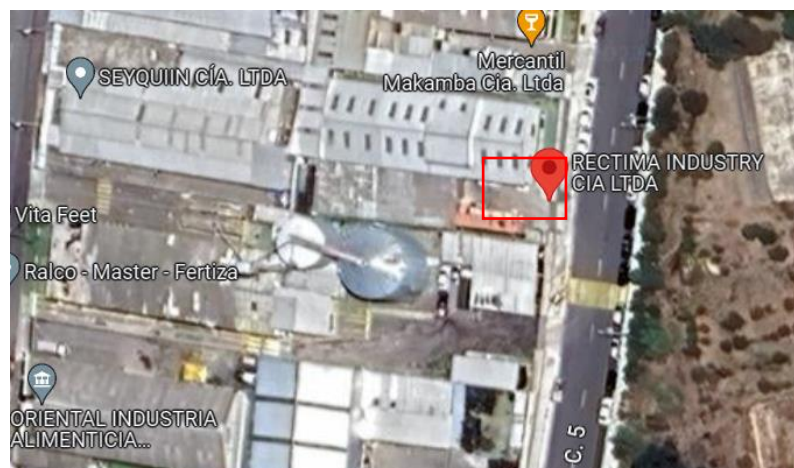


Figura 6. Geolocalización del CEDI en Ambato

**d. Estructura organizacional**

La empresa se encuentra distribuida de forma que los procesos que se lleven a cabo en cada departamento por parte de cada uno de los trabajadores sirvan de apoyo para la toma de decisiones y el establecimiento de objetivos a corto, mediano y largo plazo por parte de la gerencia. En la Figura 7 se muestra la disposición de cada uno de los departamentos resumida en el organigrama estructural de la misma, en donde se evidencia a su vez la jerarquización establecida.

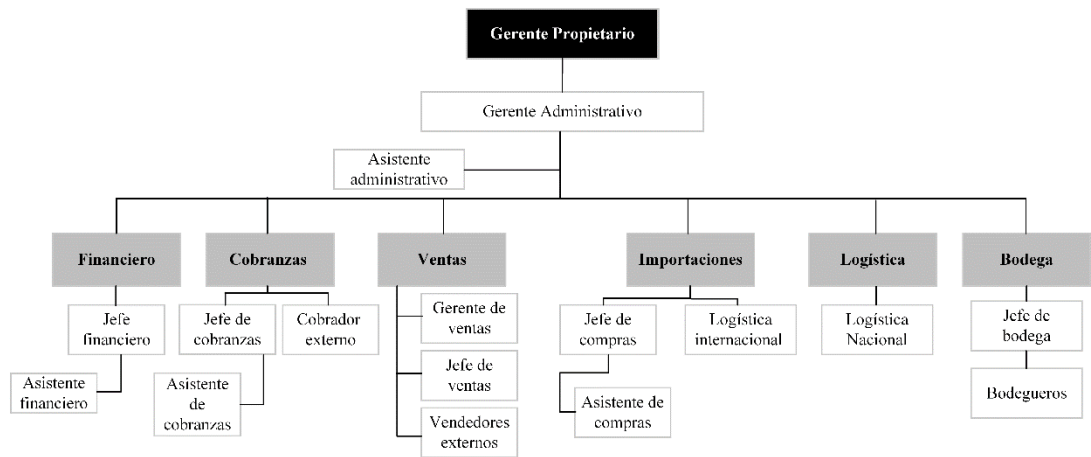


Figura 7. Organigrama estructural de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.

El número de trabajadores en cada área se detalla en la Tabla 5, los encargados de cada una de las áreas son quienes ejecutan acciones para que se lleve a cabo el proceso de distribución, es necesario recalcar que se necesitará contratar cierta parte de los trabajadores de estas áreas para el funcionamiento del nuevo CEDI.


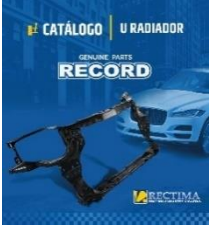




Tabla 5. Número de trabajadores en RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.




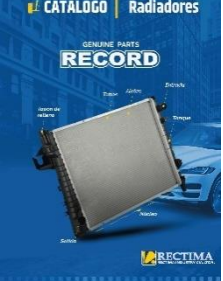
Departamento	Nº de trabajadores
Gerencia	2
Ventas	15
Bodega	7
Logística	1
Cobranzas	3
Financiero	2
Importaciones	3
Marketing	1
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>

### 3.1.3 Productos ofertados

La empresa posee una serie de productos que se encuentran agrupados por catálogos y se ofertan en su página web y se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Productos ofertados

 <b>Productos ofertados</b>		
Catálogo	Marcas presentes	Imagen
U radiador	Renault, Toyota, Volkswagen, Chevrolet, Hyundai	
Sensores	Isuzu, Mitsubishi, Nissan, JAC, Toyota, Hyundai, Chevrolet, Mazda, Hino.	
Puentes de suspensión	Fronway, Zeetex.	
Mandos de volante record	Cherry, Fiat, Nissan, Toyota, Ford, Suzuki, Chevrolet, Kia, Hyundai, Mazda, Volkswagen, Renault, Mitsubishi, Great Wall, Daewoo	
Manzanas de rueda	Michelin	

Productos ofertados		
Catálogo	Marcas presentes	Imagen
Cables de freno record	Kixx	 <p>CATÁLOGO   GENUINE PARTS <b>RECORD</b> Cables de freno FOTOCOPIA DEL MANUAL DE SERVICIO DEL 2014 DEL 2015</p>
Cilindros de freno	Chevrolet	 <p>CATÁLOGO   GENUINE PARTS <b>RECORD</b> Cilindros de freno.</p>
Filtros de aceite	Altrom	 <p>CATÁLOGO   GENUINE PARTS <b>RECORD</b> Filtros de aceite</p>
Radiadores	X-racing	 <p>CATÁLOGO   GENUINE PARTS <b>RECORD</b> Radiadores</p>

### 3.1.4 Proceso de distribución

El proceso de distribución en la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA” se lleva a cabo mediante la interacción de los departamentos como se muestra en el diagrama de flujo del proceso de distribución elaborado en Bizagi Modeler, en la Figura 8 se muestra el esquema y se puede observar que en el mismo ocurren una serie de procesos vinculados, los símbolos asociados al mismo se encuentran explicados en el marco teórico.



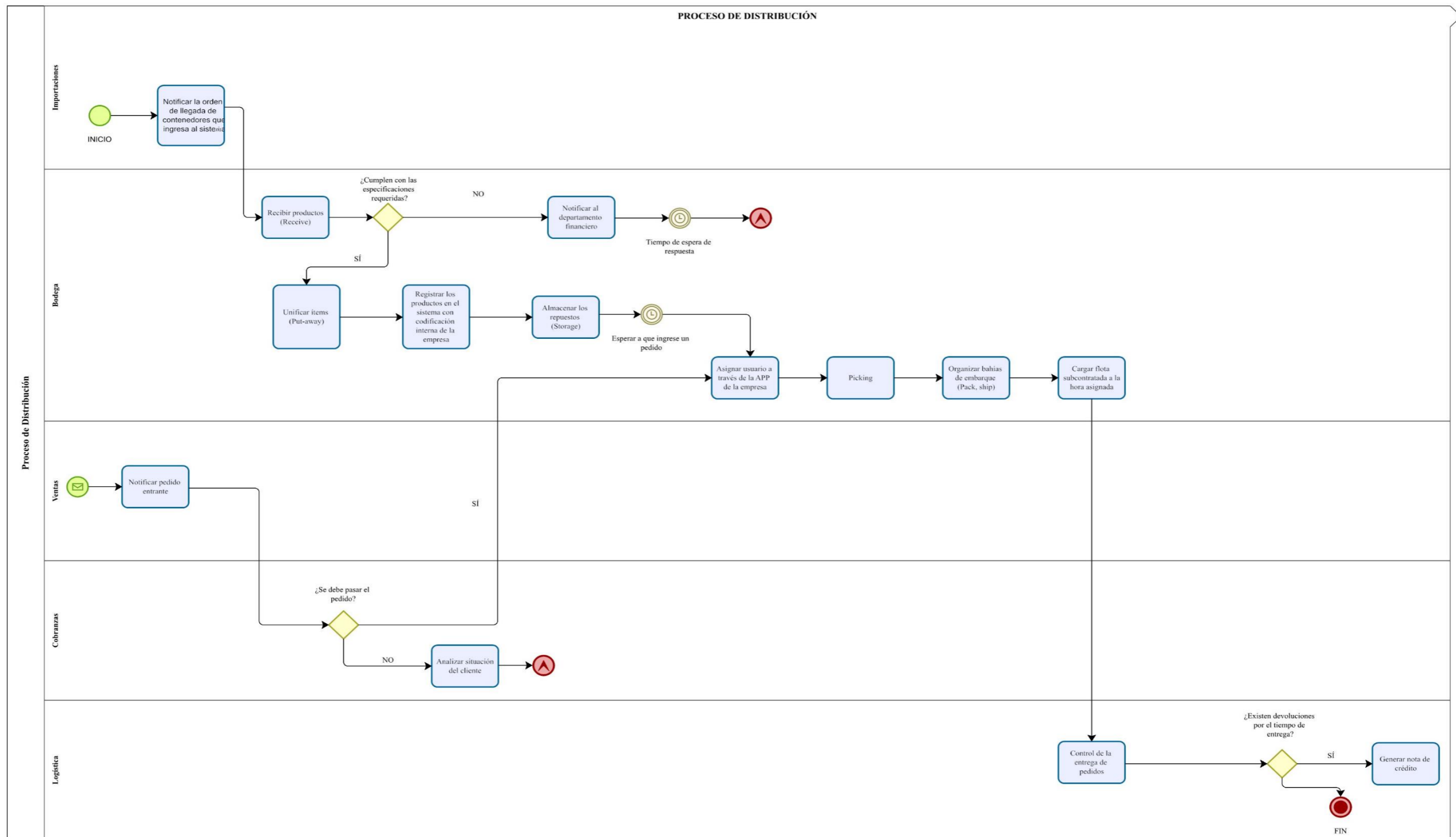


Figura 8. Diagrama de flujo para el proceso de distribución de la empresa RECTIMA INDUSTRY CIA LTDA.

A continuación, se presentan los elementos principales que interactúan en el proceso de distribución, en el diagrama SIPOC que se muestra en la Figura 9 se encuentran detallados como los *supplier* a los proveedores, a los *inputs* como las entradas al proceso, el *process* como las actividades que se llevan a cabo para obtener la salida u *output* y finalmente, el cliente o *customer*.

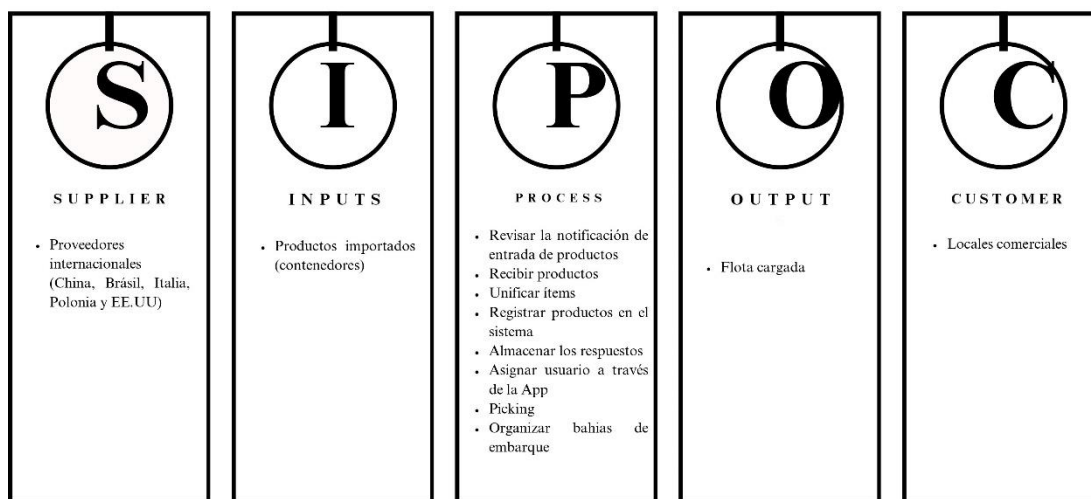


Figura 9. Diagrama SIPOC del proceso de distribución en la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA LTDA.

### 3.1.5 Ubicación y demanda de los clientes

Para la empresa caso de estudio se consta de un total de 925 clientes, distribuidos por todo el país, se consideró realizar un análisis ABC para clasificarlos de acuerdo con la cantidad de bultos que se envía por provincia desde el CEDI principal y único que se encuentra en la ciudad de Ambato, ubicado en el sector del parque industrial. En la Tabla 8 se muestra un resumen del número de bultos enviados a las distintas provincias en el periodo enero – septiembre de 2023 y en la Figura 11 se muestra la clasificación de acuerdo con una leyenda de colores.

*a. Análisis de la proyección de los costos de distribución en base a la proyección de la demanda*

Por otro lado, es realmente importante el mencionar que el costo de distribución sube de acuerdo con la proyección de la demanda, este análisis se explica considerando la proyección de estos costos para la empresa en los dos años siguientes.

$$y = 41305 x - 41304 \quad (8)$$

$$R^2 = 1$$

R = coeficiente de correlación lineal, debe acercarse a 1 para tener una correlación perfecta positiva.

Tabla 7. Proyección de la demanda para la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA”

<b>Año</b>	<b>Demanda en bultos</b>
2022	41306
2023	51150
2024	82611
2025	123916

Al encontrarse el mercado en constante expansión en el territorio nacional es importante considerar el aumento de la demanda para los próximos años.

Tabla 8. Análisis ABC de bultos enviados por provincia

PROVINCIAS	Número de bultos	Porcentaje de bultos enviados	% Acumulado	Clasificación
GUAYAS, ECUADOR	9842	19.2414%	19.2414%	A
PICHINCHA, ECUADOR	9279	18.1408%	37.3822%	A
MANABÍ, ECUADOR	5299	10.3597%	47.7419%	A
TUNGURAHUA, ECUADOR	5051	9.8749%	57.6168%	A
AZUAY, ECUADOR	3597	7.0323%	64.6491%	A
IMBABURA, ECUADOR	3234	6.3226%	70.9717%	A
CHIMBORAZO, ECUADOR	2251	4.4008%	75.3724%	A
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, ECUADOR	2133	4.1701%	79.5425%	A
LOJA, ECUADOR	1590	3.1085%	82.6510%	B
COTOPAXI, ECUADOR	1426	2.7879%	85.4389%	B
EL ORO, ECUADOR	1376	2.6901%	88.1290%	B
ESMERALDAS, ECUADOR	1330	2.6002%	90.7292%	B
SANTA ELENA, ECUADOR	812	1.5875%	92.3167%	B
SUCUMBÍOS, ECUADOR	761	1.4878%	93.8045%	B
PASTAZA, ECUADOR	721	1.4096%	95.2141%	C
BOLÍVAR, ECUADOR	413	0.8074%	96.0215%	C
CAÑAR, ECUADOR	413	0.8074%	96.8289%	C
ORELLANA, ECUADOR	403	0.7879%	97.6168%	C
MORONA SANTIAGO, ECUADOR	373	0.7292%	98.3460%	C
NAPO, ECUADOR	369	0.7214%	99.0674%	C
CARCHI, ECUADOR	222	0.4340%	99.5015%	C
ZAMORA CHINCHIPE, ECUADOR	156	0.3050%	99.8065%	C
LOS RÍOS, ECUADOR	99	0.1935%	0.0000%	C
GALÁPAGOS, ECUADOR	0	0.0000%	100.0000%	C
NÚMERO DE BULTOS ENVIADOS	51150	100.0000%		

Las provincias con categoría A se las representó en el mapa con verde, las provincias con categoría B con amarillo y finalmente las que son categoría C con rojo.

En la Figura 10 se muestra el gráfico ABC obtenido, en donde se establecen las distintas categorías, donde la categoría A, establece los productos con una valorización de 0% a 80%, los productos de categoría B se encuentran en el intervalo de 80% a 95% y finalmente los productos C son los restantes.

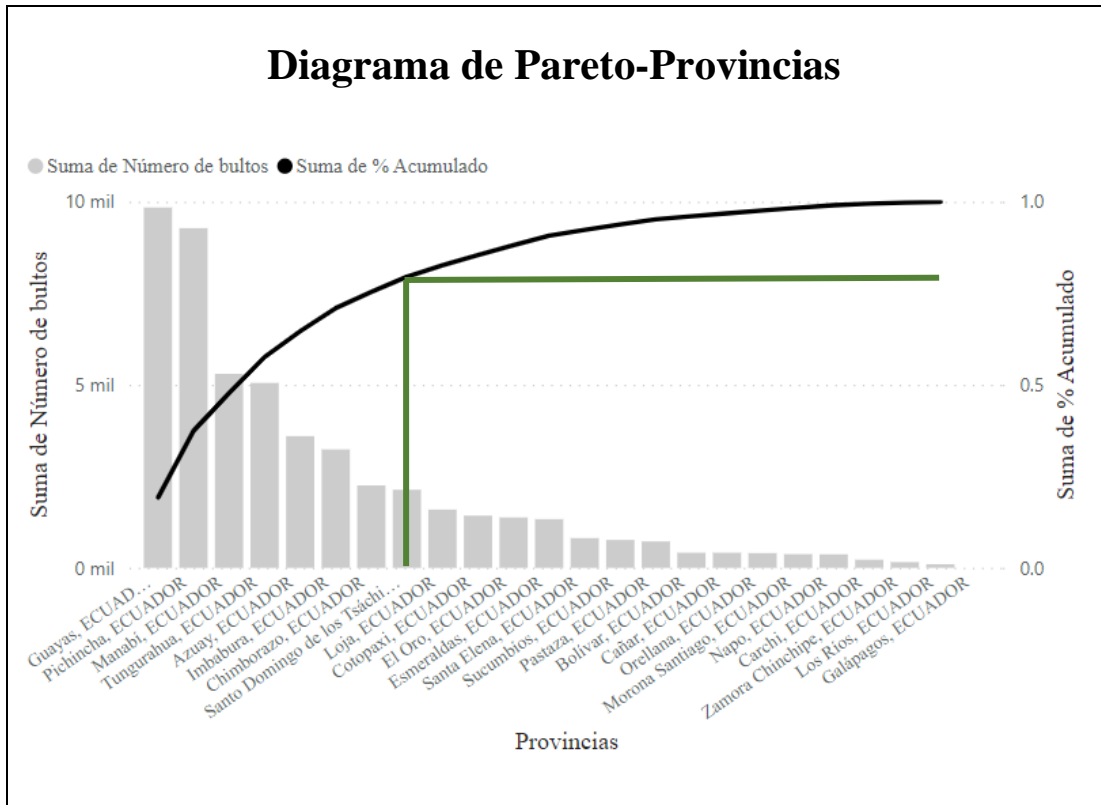


Figura 10. Diagrama de Pareto del análisis ABC por provincia

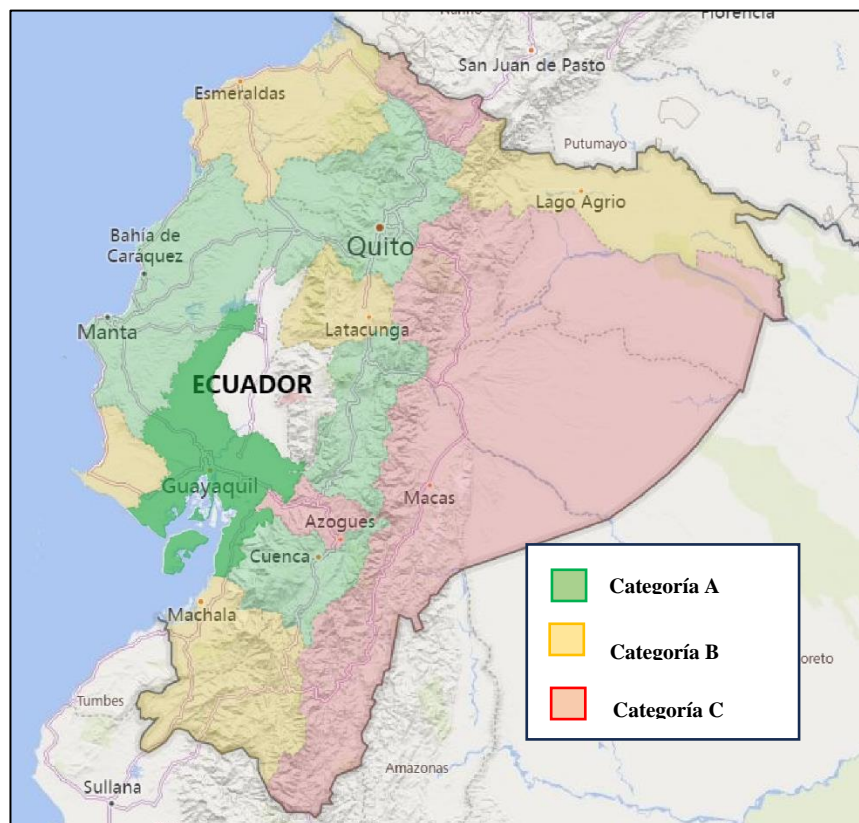


Figura 11. Segmentación de los clientes por bultos enviados a cada provincia

Se puede observar con este análisis que una gran cantidad de los clientes categoría A se encuentran ubicados en la región litoral del país, esto significa que la distribución de los productos en esta zona no se encuentra atendida de forma eficiente.

Para interpretar a mayor profundidad la ubicación y cuánto está costando el realizar cada uno de los envíos a las ciudades, se optó por realizar un nuevo análisis ABC considerando el costo de envío a cada ciudad del país por bulto enviado a dicha ciudad como se menciona en la Tabla 4, quedando como el 80% de los bultos que se envían y que generan mayor costo de distribución las ciudades de Guayaquil, Quito, Ambato, Cuenca, Ibarra, Portoviejo, Riobamba, Manta, Santo Domingo, Loja, Esmeraldas y Machala. Consecuentemente el valor total del costo de distribución es \$ 159,409.95; sin embargo, los clientes tienden a asumir cierta parte de estos, puesto que se cobra \$2.00 por el total de pedido a Ambato y \$5.00 del total del pedido para el resto del país, esta información no es de fácil acceso debido a que es confidencial. El resumen de esta información se presenta a continuación en la Tabla 9 y de forma visual en la Figura 13.

Tabla 9. Análisis ABC considerando el costo de distribución para cada ciudad del país

<b>CIUDADES, ECUADOR</b>	<b>Costo de Distribución</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Clasificación</b>
GUAYAQUIL, ECUADOR	\$ 33,285.00	20.8801%	20.8801%	A
QUITO, ECUADOR	\$ 17,047.80	10.6943%	31.5744%	A
AMBATO, ECUADOR	\$ 13,296.50	8.3411%	39.9155%	A
CUENCA, ECUADOR	\$ 11,229.75	7.0446%	46.9601%	A
IBARRA, ECUADOR	\$ 8,351.00	5.2387%	52.1988%	A
PORTOVIEJO, ECUADOR	\$ 8,193.50	5.1399%	57.3387%	A
RIOBAMBA, ECUADOR	\$ 7,784.00	4.8830%	62.2217%	A
MANTA, ECUADOR	\$ 7,660.80	4.8057%	67.0274%	A
SANTO DOMINGO, ECUADOR	\$ 6,706.35	4.2070%	71.2344%	A
LOJA, ECUADOR	\$ 4,970.70	3.1182%	74.3526%	A
ESMERALDAS, ECUADOR	\$ 3,940.65	2.4720%	76.8246%	A
MACHALA, ECUADOR	\$ 3,577.00	2.2439%	79.0685%	A
CAYAMBE, ECUADOR	\$ 2,894.50	1.8158%	80.8843%	B
OTAVALO, ECUADOR	\$ 2,870.00	1.8004%	82.6846%	B
LAGO AGRIO, ECUADOR	\$ 2,415.00	1.5150%	84.1996%	B
PASTAZA, ECUADOR	\$ 1,974.00	1.2383%	85.4379%	B
LA LIBERTAD, ECUADOR	\$ 1,802.50	1.1307%	86.5687%	B

<b>CIUDADES, ECUADOR</b>	<b>Costo de Distribución</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Clasificación</b>
GUARANDA, ECUADOR	\$ 1,400.00	0.8782%	88.5126%	B
TENA, ECUADOR	\$ 1,291.50	0.8102%	89.3228%	B
QUEVEDO, ECUADOR	\$ 1,270.50	0.7970%	90.1198%	B
FRANCISCO DE ORELLANA, ECUADOR	\$ 1,053.50	0.6609%	90.7807%	B
SANTA ELENA, ECUADOR	\$ 1,039.50	0.6521%	91.4328%	B
MORONA, ECUADOR	\$ 987.00	0.6192%	92.0519%	B
SANTIAGO DE PILLARO, ECUADOR	\$ 899.50	0.5643%	92.6162%	B
EL CARMEN, ECUADOR	\$ 759.50	0.4764%	93.0927%	B
GENERAL ANTONIO ELIZALDE, ECUADOR	\$ 700.00	0.4391%	93.5318%	B
AZOGUES, ECUADOR	\$ 567.00	0.3557%	93.8875%	B
EL GUABO, ECUADOR	\$ 560.00	0.3513%	94.2388%	B
PUYO, ECUADOR	\$ 549.50	0.3447%	94.5835%	B
BIBLIAN, ECUADOR	\$ 490.00	0.3074%	94.8908%	B
TULCÁN, ECUADOR	\$ 364.00	0.2283%	95.1192%	C
YANTZAZA, ECUADOR	\$ 360.50	0.2261%	95.3453%	C
SAN MIGUEL, ECUADOR	\$ 346.50	0.2174%	95.5627%	C
SAN PEDRO DE PELILEO, ECUADOR	\$ 336.00	0.2108%	95.7735%	C
CAÑAR, ECUADOR	\$ 322.00	0.2020%	95.9755%	C
SALCEDO, ECUADOR	\$ 321.30	0.2016%	96.1770%	C
SANTA ROSA, ECUADOR	\$ 318.50	0.1998%	96.3768%	C
BAÑOS DE AGUA SANTA, ECUADOR	\$ 304.50	0.1910%	96.5678%	C
MONTÚFAR, ECUADOR	\$ 301.00	0.1888%	96.7567%	C
MEJIA, ECUADOR	\$ 296.10	0.1857%	96.9424%	C
JIPIJAPA, ECUADOR	\$ 283.50	0.1778%	97.1203%	C
QUININDÉ, ECUADOR	\$ 266.00	0.1669%	97.2871%	C
SAN CAMILO, ECUADOR	\$ 248.50	0.1559%	97.4430%	C
SHUSHUFINDI, ECUADOR	\$ 248.50	0.1559%	97.5989%	C
RUMIÑAHUI, ECUADOR	\$ 245.00	0.1537%	97.7526%	C
CHONE, ECUADOR	\$ 238.00	0.1493%	97.9019%	C
SUCUA, ECUADOR	\$ 227.50	0.1427%	98.0446%	C
ROCAFUERTE, ECUADOR	\$ 220.50	0.1383%	98.1829%	C
BUCA Y, ECUADOR	\$ 217.00	0.1361%	98.3191%	C
EL COCA, ECUADOR	\$ 210.00	0.1317%	98.4508%	C
ZAMORA, ECUADOR	\$ 182.00	0.1142%	98.5650%	C
SANGOLQUI, ECUADOR	\$ 180.60	0.1133%	98.6783%	C
TARQUI, ECUADOR	\$ 157.50	0.0988%	98.7771%	C
PIÑAS, ECUADOR	\$ 147.00	0.0922%	98.8693%	C
JOYA DE LOS SACHAS, ECUADOR	\$ 136.50	0.0856%	98.9549%	C

<b>CIUDADES, ECUADOR</b>	<b>Costo de Distribución</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Clasificación</b>
PEDERNALES, ECUADOR	\$ 115.50	0.0725%	99.0274%	C
TULCAN, ECUADOR	\$ 112.00	0.0703%	99.0976%	C
ARENILLAS, ECUADOR	\$ 108.50	0.0681%	99.1657%	C
ANTONIO ANTE, ECUADOR	\$ 98.00	0.0615%	99.2271%	C
MONTECRISTI, ECUADOR	\$ 98.00	0.0615%	99.2886%	C
CEVALLOS, ECUADOR	\$ 80.50	0.0505%	99.3391%	C
TOSAGUA, ECUADOR	\$ 77.00	0.0483%	99.3874%	C
TABACUNDO, ECUADOR	\$ 73.50	0.0461%	99.4335%	C
LA TRONCAL, ECUADOR	\$ 66.50	0.0417%	99.4753%	C
GUAMOTE, ECUADOR	\$ 59.50	0.0373%	99.5126%	C
SUCÚA, ECUADOR	\$ 56.00	0.0351%	99.5477%	C
BABAHOYO, ECUADOR	\$ 52.50	0.0329%	99.5806%	C
HUAQUILLAS, ECUADOR	\$ 52.50	0.0329%	99.6136%	C
MILAGRO, ECUADOR	\$ 52.50	0.0329%	99.6465%	C
PEDRO MONCAYO, ECUADOR	\$ 52.50	0.0329%	99.6794%	C
PORTOVELO, ECUADOR	\$ 52.50	0.0329%	99.7124%	C
CHILLANES, ECUADOR	\$ 38.50	0.0242%	99.7365%	C
VALENCIA, ECUADOR	\$ 38.50	0.0242%	99.7607%	C
GUALAQUIZA, ECUADOR	\$ 35.00	0.0220%	99.7826%	C
NABON, ECUADOR	\$ 35.00	0.0220%	99.8046%	C
SANTA ANA, ECUADOR	\$ 35.00	0.0220%	99.8265%	C
SANTA ISABEL, ECUADOR	\$ 35.00	0.0220%	99.8485%	C
SUCRE, ECUADOR	\$ 28.00	0.0176%	99.8661%	C
PUYANGO, ECUADOR	\$ 24.50	0.0154%	99.8814%	C
CATAMAYO, ECUADOR	\$ 17.50	0.0110%	99.8924%	C
PAJAN, ECUADOR	\$ 17.50	0.0110%	99.9034%	C
EL TRIUNFO, ECUADOR	\$ 14.00	0.0088%	99.9122%	C
LA CONCORDIA, ECUADOR	\$ 14.00	0.0088%	99.9210%	C
NARANJAL, ECUADOR	\$ 14.00	0.0088%	99.9297%	C
PALLATANGA, ECUADOR	\$ 14.00	0.0088%	99.9385%	C
QUININDE, ECUADOR	\$ 10.50	0.0066%	99.9451%	C
TISALEO, ECUADOR	\$ 10.50	0.0066%	99.9517%	C
CALCETA, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9561%	C
CUMANDÁ, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9605%	C
DURÁN, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9649%	C
GUALACEO, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9693%	C
LA MANÁ, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9737%	C
LORETO, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9780%	C
VENTANAS, ECUADOR	\$ 7.00	0.0044%	99.9824%	C



<b>CIUDADES, ECUADOR</b>	<b>Costo de Distribución</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Clasificación</b>
CHAMBO, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9846%	C
CHUNCHI, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9868%	C
COLTA, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9890%	C
GUANO, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9912%	C
LA JOYA DE LOS SACHAS, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9934%	C
MANABÍ-SANTA, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9956%	C
SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	99.9978%	C
YANZANTZA, ECUADOR	\$ 3.50	0.0022%	100.0000%	C
<b>SUMATORIA TOTAL</b>	<b>\$ 159,409.95</b>	<b>100.0000%</b>		

El gráfico de la Figura 12 ilustra el diagrama ABC por ciudades del país, con varias categorías. La Categoría A engloba productos valorados entre el 0% y el 80%, mientras que la Categoría B incluye productos entre el 80% y el 95%. Los productos restantes pertenecen a la Categoría C.

## Diagrama de Pareto-Ciudades

Suma de Costo de Distribución y Suma de % Acumulado por CIUDADES

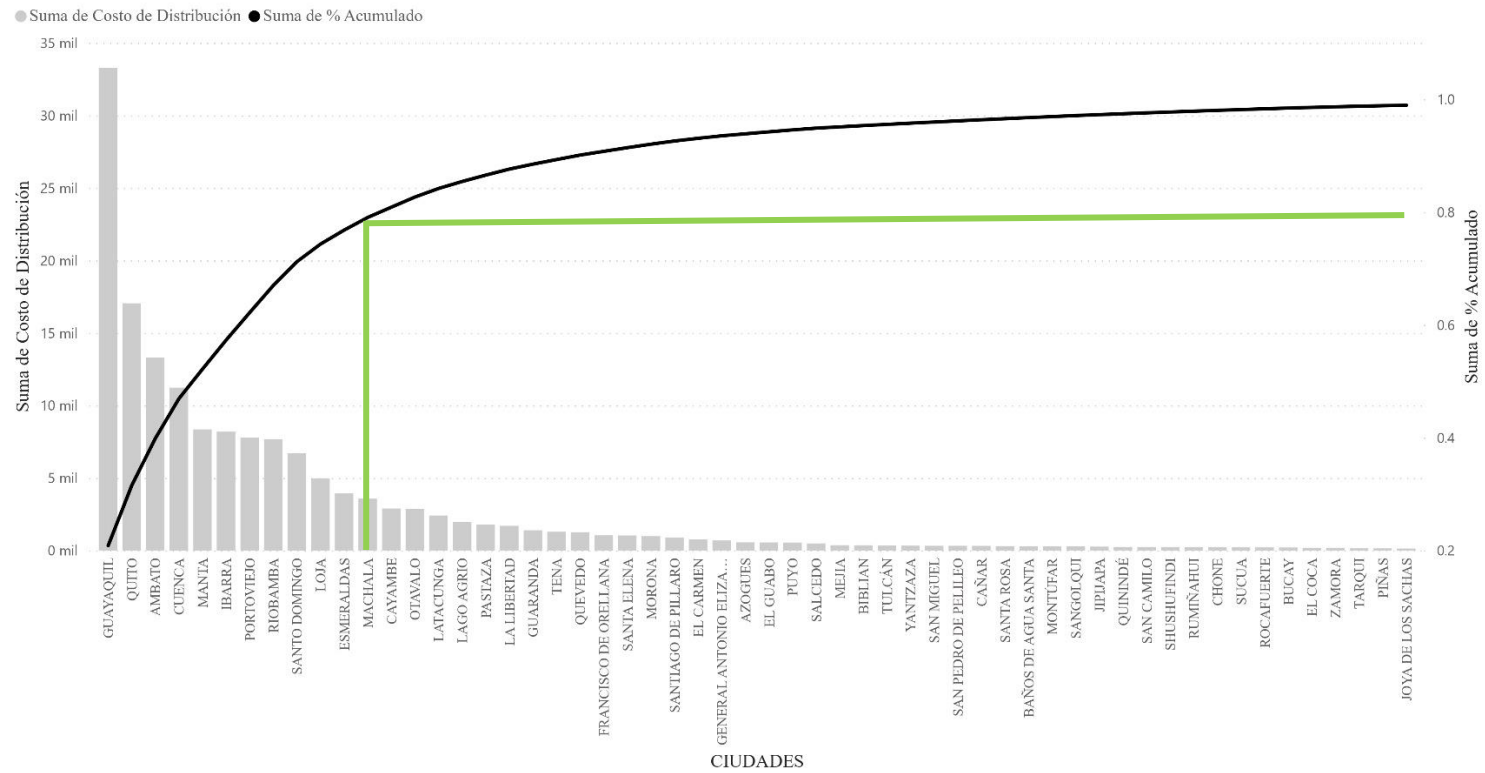


Figura 12. Diagrama de Pareto del análisis ABC por ciudad

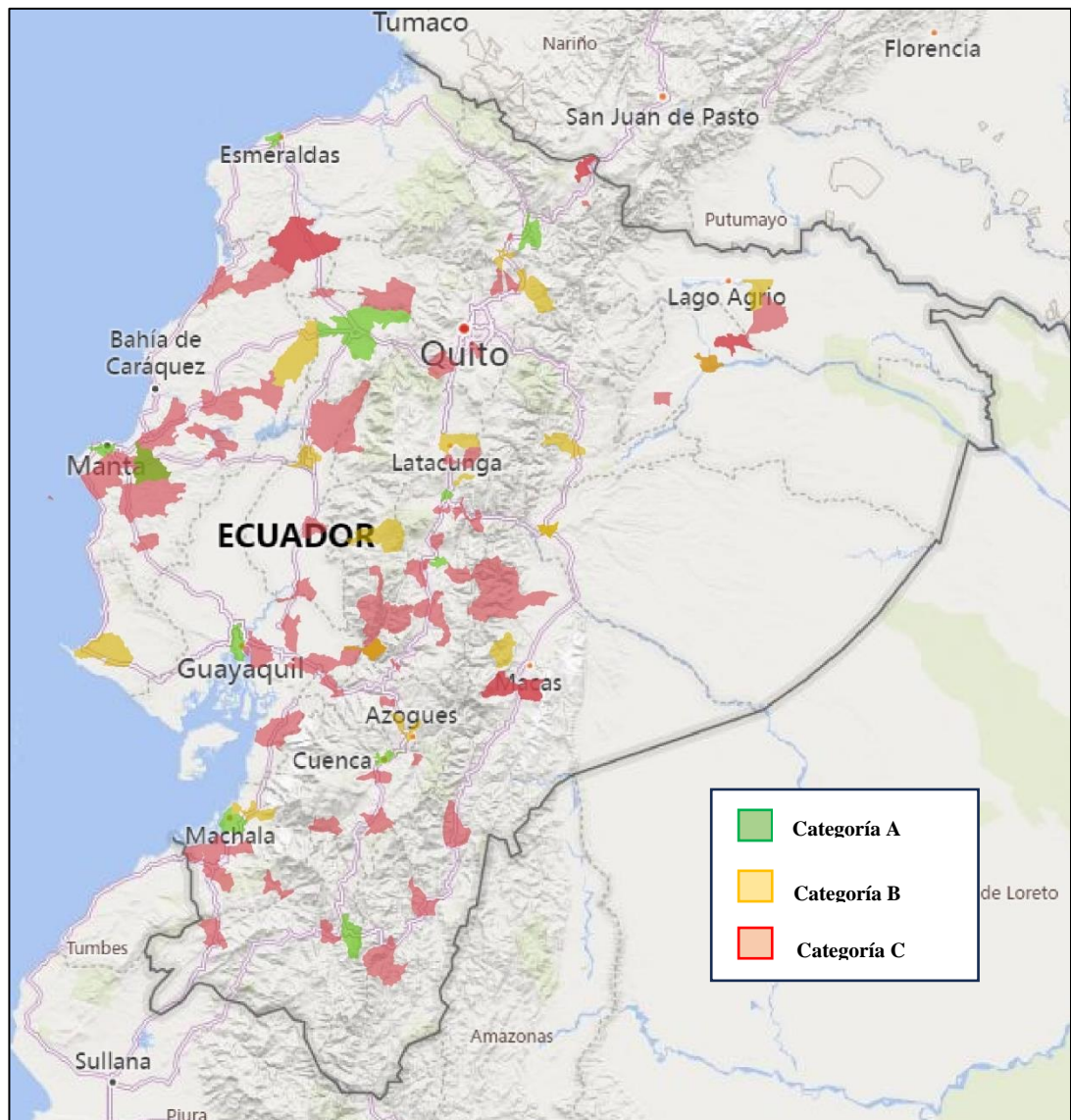


Figura 13. Distribución de clientes por ciudades del Ecuador para la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.

Por consiguiente, es necesario analizar de forma particular las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas presentes en el proceso de distribución (Figura 14) y se encuentran relacionadas específicamente con el diagrama de flujo presente en la Figura 8. Asimismo, es explícitamente visible que ciertos problemas detallados a continuación y ciertas ventajas recalcan la necesidad de contar con un nuevo CEDI.

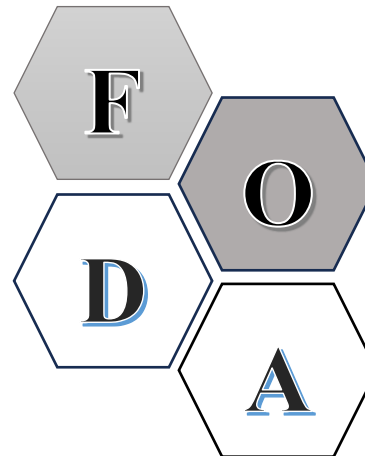
### 3.1.6 Análisis FODA del proceso de distribución de la empresa “RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.”

#### Fortalezas

- Política de entrega en 24 horas establecida.
- Conocimiento del proceso de distribución por parte de los encargados y trabajadores.
- Gran variedad de productos importados de diversas marcas que no se encuentran a nivel nacional.
- Software especializado

#### Debilidades

- La distribución a ciudades alejadas de la planta central en Ambato no es óptima.
- Existen reclamos por parte de los clientes debido a que las entregas no se realizan en el plazo establecido (política de 24 horas).
- Existen devoluciones por parte de los clientes debido a que los repuestos no son entregados en el tiempo acordado.
- El espacio en la bodega cada vez es más pequeño debido a que cierta parte del inventario no tiene la debida rotación.



#### Oportunidades

- Apertura a nuevos proyectos como la creación de un CEDI.
- Políticas de importación favorables para la empresa.
- Posibilidad de expansión del mercado.

#### Amenazas

- Ambiente político inestable en el país.
- Ambiente económico inestable.
- Competidores potenciales en busca de nuevos mercados.

Figura 14. Análisis FODA de la empresa RECTIMA INDUSTRY CÍA. LTDA.

## 3.2 Método de ubicación de instalaciones

### 3.2.1 Centro de gravedad

Para el caso de estudio es óptimo utilizar el método del centro de gravedad, puesto que los datos que se disponen están relacionados exclusivamente con la ubicación de los clientes y la cantidad de producto que se envía en un determinado lapso de tiempo, los beneficios que se otorgan a este método es que la ubicación óptima de un CEDI es aquella que minimiza la distancia recorrida de los productos a enviarse, obteniendo de esta forma una reducción de costos significativa en transporte y logística; a su vez, mejora la eficiencia de la cadena de suministro y reduce los tiempos de entrega. Consecuentemente, se aumentaría la satisfacción al cliente y mejoraría el servicio de distribución, atacando a las problemáticas mencionadas en el apartado anterior.

Para el método del centro de gravedad se consideraron los siguientes parámetros:

- Ubicación geográfica de los clientes: coordenadas (latitud y longitud).
- Número de bultos enviados en el periodo enero – septiembre 2023 a cada cliente.
- Ubicación del puerto marítimo de Guayaquil.
- Ubicación de la planta en Ambato.

#### *a. Explicación del modelo de programación no lineal entera mixta*

Para minimizar los costos de transporte se planteó la siguiente función objetivo:

$$MIN(Z) = \sum_{i=1}^n C_i V_i D_{Ai} X_{Ai} CON_i + \sum_{i=1}^n C_i V_i D_{CDi} X_{CDi} \quad (9)$$

El primer término de la Ecuación 9 tiene como objetivo minimizar el costo de transporte de bultos desde la planta en la ciudad de Ambato a los clientes que se le asignen.

El segundo término de la Ecuación 9 tiene como objetivo minimizar el costo de transporte de bultos desde la ubicación del CEDI a los clientes que se le asignen.

Se debe considerar:

- **Índices**

$i = \text{clientes, desde } 1 \dots n$

- **Parámetros**

- $C_i = \text{costo de envío hacia el cliente "i" en } \frac{\$}{\text{bulto-Km}}$

- $V_i = \text{bultos/volumen enviados hacia el cliente "i"}$

- $CX_i = \text{coordenada en x del cliente "i" (latitud)}$

- $CY_i = \text{coordenada en y del cliente "i" (longitud)}$

- $CX_A = \text{coordenada en x de la planta en Ambato (latitud)}$

- $CY_A = \text{coordenada en y de la planta en Ambato (longitud)}$

- $P_1, P_2, P_3, P_4 = \text{coordenadas del cuadrante deseado}$

- **Variables**

- $CX_{CD} = \text{coordenada en x del CEDI (latitud)}$

- $CY_{CD} = \text{coordenada en y del CEDI (longitud)}$

- $X_{Ai} = \text{variable de control, toma el valor de "1" si el cliente "i" es abastecido por Ambato, caso contrario "0"}$

- $X_{CDi} = \text{variable de control, toma el valor de "1" si el cliente "i" es abastecido por el CEDI, caso contrario "0"}$

- $D_{Ai} = \text{distancia desde la planta en Ambato hacia el cliente "i" asignado}$

- $D_{CDi}$  = distancia desde el CEDI hacia el cliente “i” asignado
- $CON_i$  = variable de control que garantiza que se enviará producto al cliente más cercano
- $Clientes\_Ambato$  = cantidad de clientes atendidos por la planta en Ambato
- $Clientes\_CEDI$  = cantidad de clientes atendidos por la planta en Ambato
- $CT\_Ambato$  = costo total para la planta de Ambato
- $CT_{CEDI}$  = costo total para el CEDI
- $V\_Ambato$  = volumen enviado por la planta de Ambato
- $V\_CEDI$  = volumen enviado por el CEDI
- **Restricciones**

$$D_{Ai} = 6371 \text{ ACOS}(\text{COS}(\text{radianes}(90 - CX_i)) \text{ COS}(\text{radianes}(90 - CX_A)) + \text{SIN}(\text{radianes}(90 - CX_i)) \text{ SIN}(\text{radianes}(90 - CX_A)) \text{ COS}(\text{radianes}(CY_i - CY_A))) \forall_i \quad (10)$$

$$D_{CDi} = 6371 \text{ ACOS}(\text{COS}(\text{radianes}(90 - CX_i)) \text{ COS}(\text{radianes}(90 + CX_{CD})) + \text{SIN}(\text{radianes}(90 - CX_i)) \text{ SIN}(\text{radianes}(90 + CX_{CD})) \text{ COS}(\text{radianes}(CY_i + CY_{CD}))) \forall_i \quad (11)$$

$$X_{Ai} CON_i + X_{CDi} = 1 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } D_{Ai} > D_{CDi} &\rightarrow CON_i = 1 \\ \text{Si } D_{Ai} < D_{CDi} &\rightarrow CON_i = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n CON_i = Clientes\_Ambato \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{CDi} = Clientes\_CEDI \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n C_i V_i X_{Ai} CON_i = CT\_Ambato \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^n C_i V_i D_{CDi} X_{CDi} = CT\_CEDI \quad (17)$$

$$\begin{aligned} CX_{CD} &\geq P_1 \\ CX_{CD} &\leq P_2 \\ CY_{CD} &\geq P_3 \\ CY_{CD} &\leq P_4 \end{aligned} \quad (18)$$

$$(10) X_{Ai} ; X_{CDi} \text{ binarios} \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^n V_i X_{Ai} CON_i = V\_Ambato \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^n V_i X_{CDi} = V\_CEDI \quad (21)$$

Las restricciones (10) y (11) permiten calcular la distancia desde Ambato hacia el cliente “i” y desde el CEDI al cliente “i” mediante la fórmula del semiverseno (Ecuación 3). La restricción (12) garantiza que el cliente “i” es únicamente atendido por la planta en Ambato o por el CEDI. La ecuación (13) restringe que si la distancia de la planta de Ambato al cliente “i” es mayor que la distancia del CEDI al cliente “i” la variable de control es igual a 1 caso contrario es igual a 0, de esta forma se garantiza que la distancia del cliente sea la más cercana hacia la planta de Ambato o hacia el CEDI. La ecuación (14) permite contar la cantidad de clientes que se asignan a la planta de Ambato y la ecuación (15) la cantidad de clientes que se asignan al CEDI. Las ecuaciones (16) y (17) indican los costos totales para la planta en Ambato y para el CEDI respectivamente. La restricción (18) permite controlar que las coordenadas en “x” y en “y” del centro de gravedad se encuentren dentro del cuadrante de preferencia para el investigador. Además, la restricción (19) controla que las variables  $X_{Ai} ; X_{CDi}$  sean números binarios. Finalmente, las ecuaciones (20) y (21) permiten contar la cantidad de bultos que se envían desde la planta de Ambato y desde el CEDI, correspondientemente.



### **3.2.2 Toma de decisiones para la selección de un CEDI mediante el modelo AHP (Proceso Analítico Jerárquico)**

Para el caso de estudio es necesario utilizar a su vez un análisis de las alternativas de los CEDIS disponibles para alquilar y sus prestaciones, la condición principal es que sean cercanos a las coordenadas específicas del centro de gravedad y al puerto marítimo para evaluarlas y compararlas en función a múltiples criterios que se basan en la revisión bibliográfica y el criterio del investigador, se utilizó el software Expert Choice para la resolución del modelo propuesto que se explica a continuación.

Como primer punto es necesario establecer una serie de criterios a evaluarse, para esta consideración es necesario enlistar los factores clave que otras empresas han utilizado para la ubicación de un CEDI y para ello se empleó la investigación bibliográfica tal como se explica en la Tabla 3.

#### **Principio de construcción de jerarquías**

El objetivo de la estructuración y organización de un problema de decisión es encontrar la ubicación idónea de un centro de distribución. Para lograr esto, se descompone el problema en subproblemas jerárquicos que presentan dependencias según sea el nivel de descomposición que se encuentran. La construcción de la jerarquización se compone de tres elementos básicos: el objetivo para llegar, los criterios y subcriterios y las posibles alternativas de solución [27], de forma visual el modelo se explica en la Figura 15. Adicionalmente, se propuso la identificación de cada uno de los criterios y subcriterios y su implicación en el estudio desde la Tabla 10 hasta la Tabla 17.

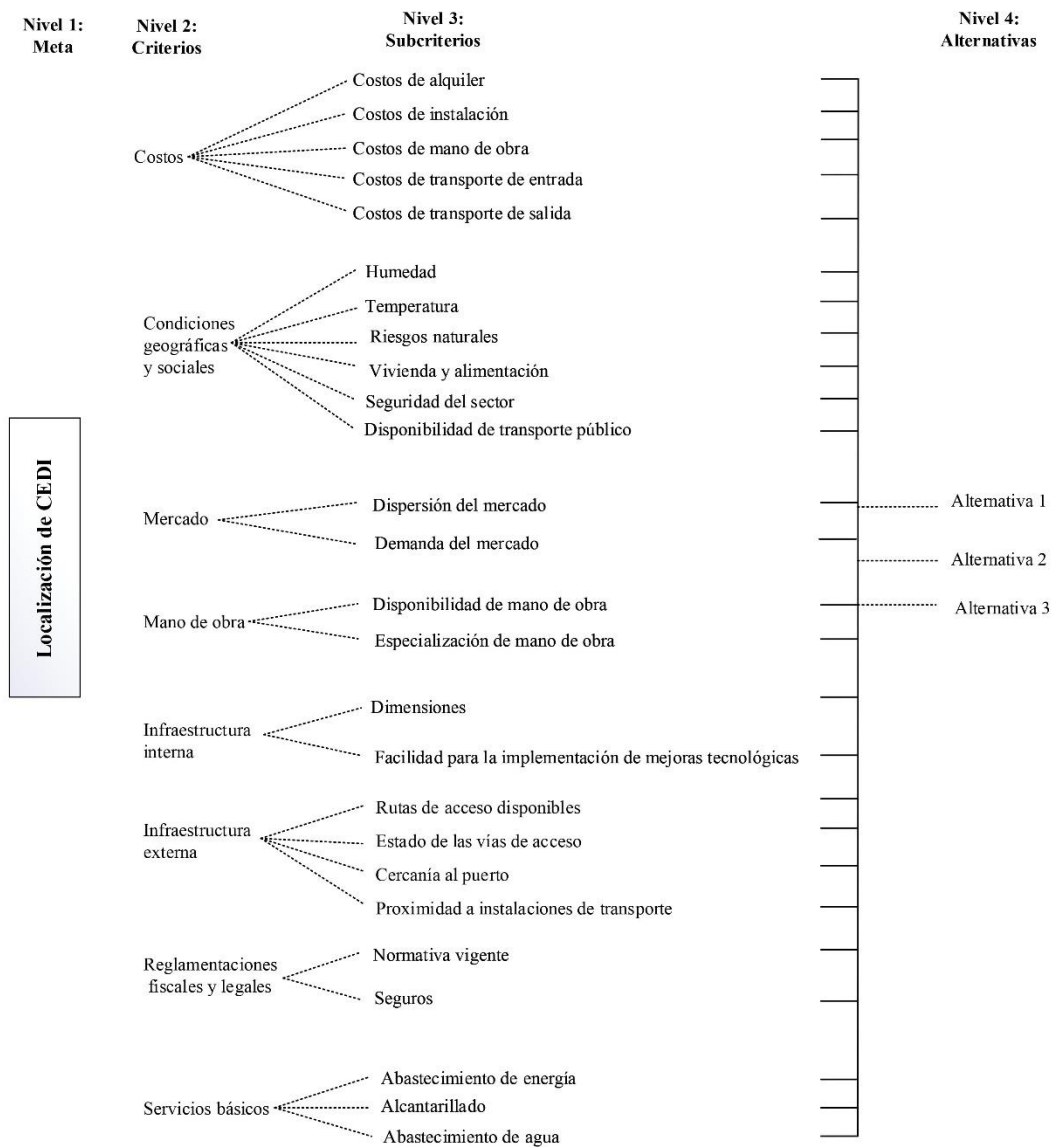


Figura 15. Esquematización del modelo AHP

Tabla 10. Descripción del criterio costos con sus respectivos subcriterios

<b>Criterio</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Sub-Criterio</b>	<b>Enfoque</b>
C1 Costos	Se refiere a reducir los costos de instalación y operación del CEDI [37].	SC1.1 Costos de instalación	Referente a las adecuaciones necesarias para el correcto funcionamiento de un centro de distribución [38].
			Se refiere a la rentabilidad de alquilar un almacén que funcione como CEDI y se debe evaluar las alternativas dependiendo las facilidades que ofrezca y el costo a pagarse [27].
			Hace referencia a los costos de contratación de nuevo personal capacitado que cumpla con las características adecuadas para el correcto funcionamiento del CEDI [20].
		SC1.3 Costos de transporte de entrada	Indica el costo del transporte desde el puerto marítimo hasta el CEDI [39].
		SC1.4 Costo de transporte de salida	Indica el costo de transporte desde el CEDI hacia los clientes (costo del courier) [39].

Tabla 11. Descripción del criterio condiciones geográficas y sociales con sus respectivos subcriterios

<b>Criterio</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Sub-Criterio</b>	<b>Enfoque</b>
C2 Condiciones geográficas y sociales	Las características de las zonas evaluarán la posibilidad de crecimiento y expansión de la empresa [40].	SC2.1 Riesgos naturales	Se catalogan como los peligros que la ubicación geográfica podría tener si se presentan inundaciones, terremotos, tormentas, etc. [20].
		SC2.2 Temperatura	Hace referencia a que la temperatura del lugar sea adecuada para desarrollar las actividades o existen formas de regularla [15].
		SC2.3 Humedad	Hace referencia a que la humedad del lugar sea adecuada para desarrollar las actividades o existen formas de regularla [20].
		SC2.4 Vivienda y alimentación	Se refiere a las condiciones sociales que facilitarían la calidad de vida de los trabajadores que se encuentren cerca de esta zona [20].

Sub-Criterio	Enfoque
SC2.5 Seguridad del sector	Se cataloga como la seguridad de la ubicación en casos de accidentes, robos y vandalismo [41] .
SC2.6 Disponibilidad de transporte público	Es necesario debido a que los trabajadores necesitan este servicio público para desenvolver de forma continua sus labores diarias [41].

Tabla 12. Descripción del criterio mercado con sus respectivos subcriterios

Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C3 Mercado	Número de clientes disponibles en el área [42].	SC3.1 Demanda del mercado	Cantidad de productos que los clientes cercanos a la ubicación seleccionada tienden a comprar [43].
		SC3.2 Dispersión del mercado	Cantidad de clientes que se puede llegar a abastecer en un menor tiempo desde la ubicación seleccionada [43].

Tabla 13. Descripción del criterio mano de obra con sus respectivos subcriterios

Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C4 Mano de obra	Recurso humano que es indispensable para llevar a cabo las operaciones del CEDI [44].	SC4.1 Disponibilidad de mano de obra	Cantidad de personal disponible para contratar en el sector [45].
		SC4.2 Especialización de la mano de obra	Cantidad de mano de obra especializada en el sector [45].

Tabla 14. Descripción del criterio infraestructura interna con sus respectivos subcriterios

Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C5 Infraestructura interna	Características que se consideran de forma interna para elegir la ubicación del CEDI [46].	SC5.1 Dimensiones	Espacio disponible (tamaño) para llevar a cabo las operaciones dentro del CEDI [20].
		SC5.2 Facilidad para la implementación de mejoras tecnológicas	Conectividad y disposición de la organización para la implementación de mejoras tecnológicas (ruteo dinámico) [47].

Tabla 15. Descripción del criterio infraestructura externa con sus respectivos subcriterios

Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C6 Infraestructura externa	Consideraciones externas del sector para ubicar el CEDI[38].	SC6.1 Rutas de acceso disponibles	Número de vías por el que pueden llegar los productos [37].
		SC6.2 Estado de las vías de acceso	Condiciones en que se encuentran las carreteras y mantenimiento de estas [48].
		SC6.3 Cercanía al puerto	Distancia entre la ubicación del CEDI y el puerto marítimo [31].
		SC6.4 Proximidad a instalaciones de transporte	Distancia entre la ubicación del CEDI y los servicios de courier [49].

Tabla 16. Descripción del criterio reglamentaciones fiscales y legales con sus respectivos subcriterios

Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C7 Reglamentaciones fiscales y legales	Se refiere a los requerimientos fiscales y legales que se necesitan para el funcionamiento del CEDI [20].	SC7.1 Normativa vigente	Reglamentaciones de seguridad, permiso de vías de acceso y de trabajo [20].
		SC7.2 Seguros	De incendios, accidentes, inundaciones y algunos ocasionados por tormentas [20].

Tabla 17. Descripción del criterio servicios básicos con sus respectivos subcriterios

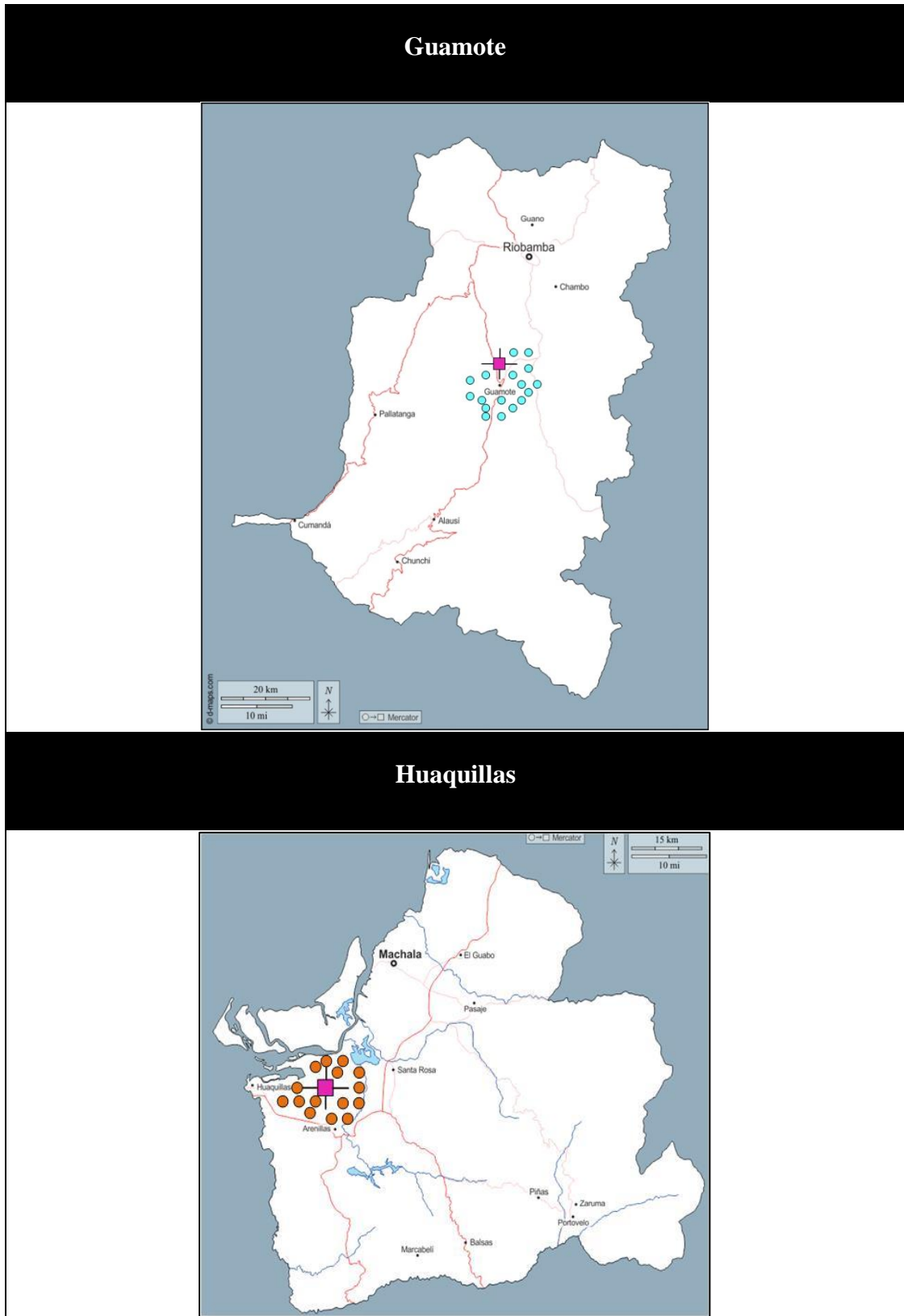
Criterio	Enfoque	Sub-Criterio	Enfoque
C8 Servicios básicos	Cantidad de servicios básicos disponibles en cada ubicación y que son indispensables para el funcionamiento del CEDI [20].	SC8.1 Abastecimiento de energía	Energía requerida para el funcionamiento del CEDI (Maquinaria, equipos, alumbrado, etc.) [20].
		SC8.2 Alcantarillado	Empresas de servicio de alcantarillado disponibles [20].
		S8.3 Abastecimiento de agua	Empresas de servicios de agua disponibles [20].

### 3.3 Aplicación de los modelos planteados

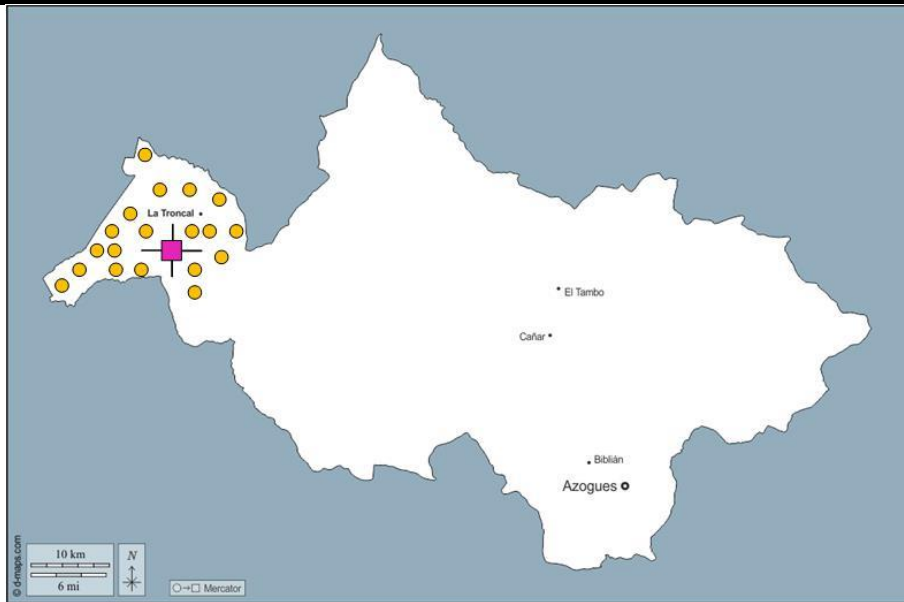
#### 3.3.1 Desarrollo del centro de gravedad

Para la aplicación del modelo se realizó un tratamiento previo de los datos. Primero, debido a que el número de clientes es 925, se realizó una agrupación de dichos compradores (Tabla 18) aplicando la Ecuación 3 y Ecuación 4, y se calcularon las coordenadas geográficas para cada punto central en cada una de las ciudades con el objetivo de que en el modelo se introduzcan sólo las coordenadas de estos centros de gravedad (esto por la cantidad de variables que se generarían), dando como resultado 76 coordenadas (puntos centrales en las ciudades) como se muestra en la Figura 16, todo lo expuesto anteriormente se encuentra detallado en la Tabla 19. Se decidió descartar a las ciudades con demanda inferior a diez bultos, con un total de 62 bultos descartados en el periodo de nueve meses; teniendo en cuenta que el costo de distribución de estos bultos es ínfimo (\$211.27) y no afecta al estudio. Posteriormente, se calculó un costo de envío promedio en (\$/bulto), y, se procedió a trabajar con el centro de gravedad en cada ciudad que relacione a los clientes que se encuentran en la misma.

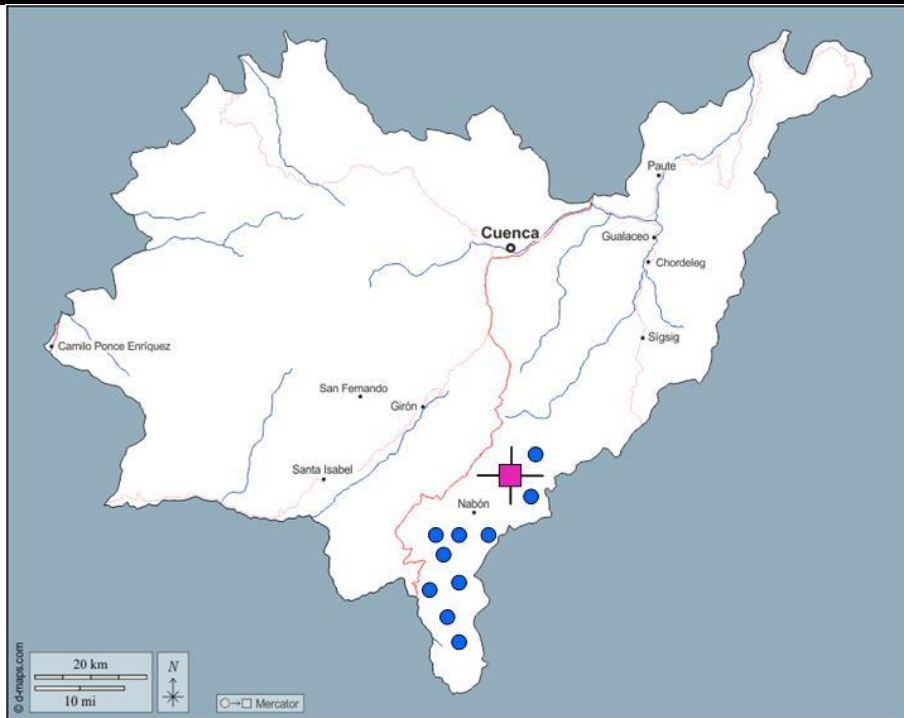
Tabla 18. Representación gráfica del centro de gravedad de los clientes en cada ciudad



## La Troncal



## Nabón





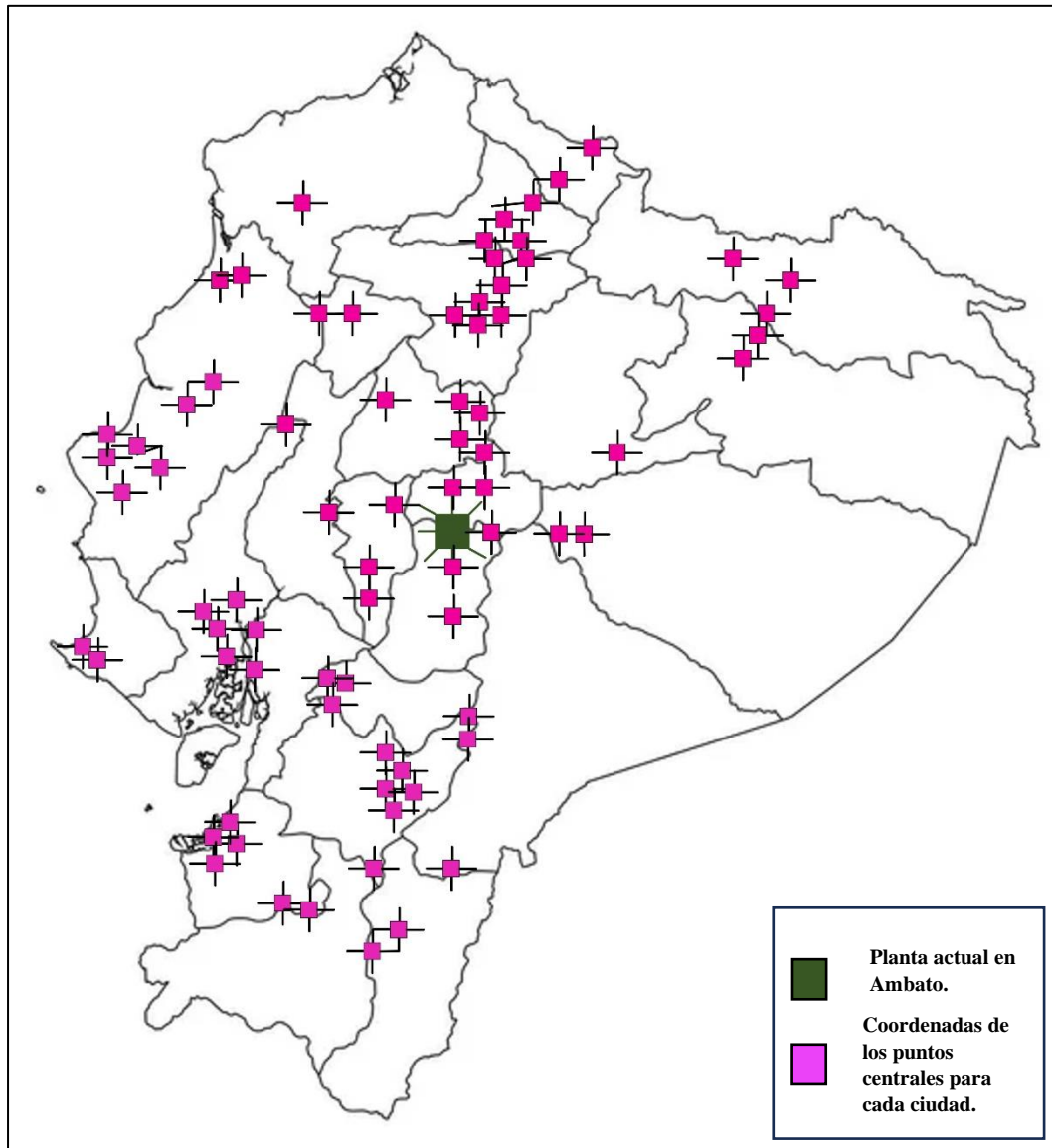


Figura 16. Representación gráfica de los centros de gravedad por ciudad

Se considera que el centro de gravedad general se establece a partir de los centros de gravedad representativos por ciudad en dónde los clientes se encuentran agrupados de acuerdo con su ubicación geográfica y la demanda de estos varía dependiendo del número de bultos que se envían desde cada uno, al agrupar estos centros de gravedad lo que se pretende es encontrar un punto que reduzca el costo de distribución, considerando a su vez el volumen de producto que se enviará desde la planta en Ambato y que cubra con la demanda de todas las zonas del país.

Tabla 19. Datos que se utilizaron en el cálculo del centro de gravedad del nuevo CEDI

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud
AMBATO	\$ 0.0216	4708	-1.249464746	-78.62242423
ANTONIO ANTE	\$ 0.0216	28	0.330451	-78.2040972
ARENILLAS	\$ 0.0216	31	-3.560384581	-80.07076626
AZOGUES	\$ 0.0216	162	-2.741134152	-78.84879343
BABAHOYO	\$ 0.0216	51	-1.967334141	-79.68636597
BAÑOS DE AGUA SANTA	\$ 0.0216	87	-1.397465434	-78.42614666
BIBLIAN	\$ 0.0216	140	-2.714351	-78.8899963
BUCAY	\$ 0.0216	73	-2.204719	-79.177711
CAÑAR	\$ 0.0216	92	-2.5763158	-78.92858047
CAYAMBE	\$ 0.0216	855	0.045465143	-78.14369371
CEVALLOS	\$ 0.0216	23	-1.3547187	-78.6157565
CHONE	\$ 0.0216	47	-0.698438864	-80.092903
CUENCA	\$ 0.0216	3692	-2.888186943	-78.99620523
CUMANDÁ	\$ 0.0216	99	-2.206582	-79.1336706
DURÁN	\$ 0.0216	109	-1.96134975	-79.91787904
EL CARMEN	\$ 0.0216	90	-0.271274476	-79.4648972
EL COCA	\$ 0.0216	60	-0.4512396	-76.9904893
EL GUABO	\$ 0.0216	160	-3.2435816	-79.8327659
ESMERALDAS	\$ 0.0216	1181	0.059528048	-79.73681059
FRANCISCO DE ORELLANA	\$ 0.0216	294	-0.468652919	-77.01394135
GENERAL ANTONIO ELIZALDE	\$ 0.0216	103	-2.1890274	-79.1830693
GUALAQUIZA	\$ 0.0216	10	-3.4032118	-78.5821078
GUAMOTE	\$ 0.0216	17	-1.9377187	-78.7107731
GUARANDA	\$ 0.0216	417	-1.582001895	-78.99939567
GUAYAQUIL	\$ 0.0216	8033	-2.159380638	-79.89107355

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud
HUAQUILLAS	\$ 0.0216	15	-3.2581112	-79.9553924
IBARRA	\$ 0.0216	2559	0.258242586	-78.19285145
JARAMIJO	\$ 0.0216	11	-0.9560251	-80.6384944
JIPIJAPA	\$ 0.0216	81	-1.342516849	-80.57854558
JOYA DE LOS SACHAS	\$ 0.0216	40	-0.2947631	-76.855056
LA LIBERTAD	\$ 0.0216	196	-2.227766861	-80.86196382
LA TRONCAL	\$ 0.0216	19	-2.4204637	-79.3437394
LAGO AGRIO	\$ 0.0216	603	0.082157314	-76.84559167
LATACUNGA	\$ 0.0216	676	-0.92863199	-78.62269301
LOJA	\$ 0.0216	1568	-3.369127109	-79.08353104
MACHALA	\$ 0.0216	1016	-3.264890262	-79.95774113
MANTA	\$ 0.0216	2763	-0.998984218	-80.60329726
MEJIA	\$ 0.0216	152	-0.1558604	-78.47773671
MONTECRISTI	\$ 0.0216	28	-1.042624821	-80.65811664
MONTÚFAR	\$ 0.0216	86	0.5026912	-77.9042521
MORONA	\$ 0.0216	282	-2.318280222	-78.11633631
NABON	\$ 0.0216	10	-2.8943068	-78.9968344
OTAVALO	\$ 0.0216	903	0.235966711	-78.25958322
PASTAZA	\$ 0.0216	564	-1.530294854	-77.90233789
PEDERNALES	\$ 0.0216	33	0.0731181	-80.0513928
PELILEO	\$ 0.0216	90	-1.302716757	-78.55534176
PIÑAS	\$ 0.0216	21	-3.639986171	-79.71050601
PORTOVELO	\$ 0.0216	36	-3.714685628	-79.61787556
PORTOVIEJO	\$ 0.0216	2268	-1.046634167	-80.46180862
PUYO	\$ 0.0216	183	-1.492722323	-77.9998466
QUEVEDO	\$ 0.0216	165	-1.46285654	-79.25179325
QUININDÉ	\$ 0.0216	76	0.3268809	-79.4647633

<b>Ciudad</b>	<b>Costo de envío (\$/bulto)</b>	<b>Bultos enviados</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
QUITO	\$ 0.0216	7807	-0.196335234	-78.49650297
RIOBAMBA	\$ 0.0216	2179	-1.649261579	-78.67210521
ROCAFUERTE	\$ 0.0216	63	-0.1464847	-78.4751945
RUMIÑAHUI	\$ 0.0216	1455	-0.34295247	-78.47792009
SALCEDO	\$ 0.0216	190	-0.957126464	-78.57935415
SAN CAMILO	\$ 0.0216	71	-1.0230607	-79.4608897
SAN MIGUEL	\$ 0.0216	82	-1.690166583	-79.0343019
SANGOLQUÍ	\$ 0.0216	336	-0.307629221	-78.45684032
SANTA ANA	\$ 0.0216	10	-1.2069	-80.3686488
SANTA ELENA	\$ 0.0216	297	-2.257303913	-80.82923826
SANTA ISABEL	\$ 0.0216	10	-2.9060315	-79.0317902
SANTA ROSA	\$ 0.0216	91	-3.459195251	-79.96701576
SANTIAGO DE PILLARO	\$ 0.0216	257	-1.166970154	-78.5516521
SANTO DOMINGO	\$ 0.0216	2124	-0.330194586	-79.11395421
SHUSHUFINDI	\$ 0.0216	164	-0.1882903	-76.6421554
SUCÚA	\$ 0.0216	81	-2.456635593	-78.17068134
TABACUNDO	\$ 0.0216	36	0.0462831	-78.217644
TARQUI	\$ 0.0216	45	-2.1169808	-79.906635
TENA	\$ 0.0216	343	-0.99612179	-77.81345275
TOSAGUA	\$ 0.0216	22	-0.7827449	-80.2363918
TULCÁN	\$ 0.0216	197	0.805402595	-77.72557722
VALENCIA	\$ 0.0216	11	-1.0230607	-79.4608897
YANTZAZA	\$ 0.0216	104	-3.83321105	-78.76165643
ZAMORA	\$ 0.0216	52	-4.058059412	-78.94308518

Al ingresar el código que se muestra en el Anexo A con los datos presentados anteriormente, en el modelo en LINGO se encontró la siguiente solución:

Local optimal solution found.			
Objective value:		103953.1	
Objective bound:		103953.1	
Infeasibilities:		0.1638837E-02	
Extended solver steps:		0	
Total solver iterations:		195	
Elapsed runtime seconds:		0.57	
Model Class:		MINLP	
Total variables:	312		
Nonlinear variables:	306		
Integer variables:	152		
Total constraints:	239		
Nonlinear constraints:	232		
Total nonzeros:	1606		
Nonlinear nonzeros:	1140		
	Variable	Value	Reduced Cost
	CXA	-1.197451	0.000000
	CYA	-78.59005	0.000000
	PUNTO1	2.075000	0.000000
	PUNTO2	2.280000	0.000000
	PUNTO3	79.89000	0.000000
	PUNTO4	80.00000	0.000000
	CXCD	2.159385	0.000000
	CYCD	79.89109	0.000000
	C_AMBATO	41.00000	0.000000
	C_CD	35.00000	0.000000
	CT_AMBATO	64360.82	0.000000
	CT_CD	39592.26	0.000000
	VOL_AMBATO	29568.00	0.000000
	VOL_CEDI	21465.00	0.000000

Figura 17. Solución en LINGO

Los valores de las variables que se adquieren tras la resolución del modelo se presentan a continuación:

- $CX_{CD} = -2.159385$
- $CY_{CD} = -79.89109$
- $Clientes_{Ambato} = 41$  ciudades
- $Clientes_{CEDI} = 35$  ciudades
- $CT_{Ambato} = \$ 64.360.82$
- $CT_{CEDI} = \$ 39.592.26$

- $V_{Ambato} = 29.568$  bultos
- $V_{CEDI} = 21.465$  bultos

Tabla 20. Solución para la localización del CEDI

AMBATO		
LATITUD		-1.197451
LONGITUD		-78.59005
CT	\$	64.360.83
CD NUEVO		
LATITUD		-2.159385
LONGITUD		-79.89109
CT	\$	39.592.26
CT	\$	103.953.42

La Tabla 20 muestra las coordenadas del nuevo CEDI, el cuál por su localización geográfica se encuentra en la provincia del Guayas en la ciudad de Guayaquil. Se encontró esta localización considerando que el costo de distribución total pasó de \$159.409.95 a \$103.953.42, teniendo una reducción del 34.79% del costo total para la empresa, asimismo, se muestra el costo de distribución para la planta en Ambato y para el CEDI, siendo \$64.360.83 y \$39.592.42 respectivamente. Por otro lado, el número de bultos que se enviarán desde la planta en Ambato es de 29.568 y para el CEDI es de 21.465.

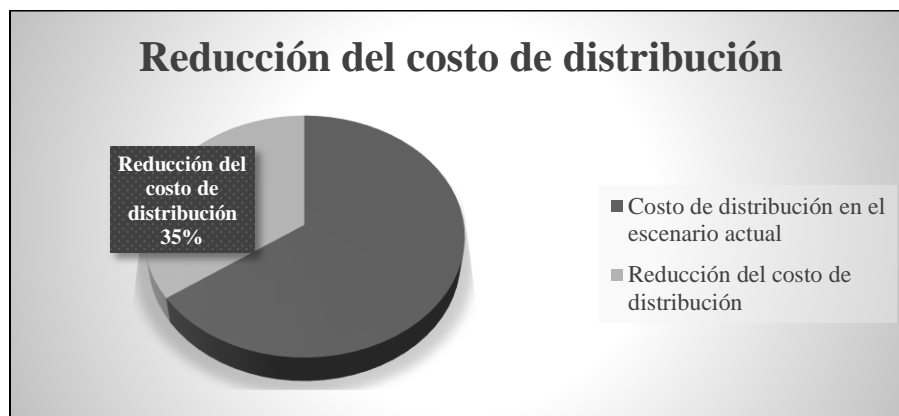


Figura 18. Reducción del costo de distribución

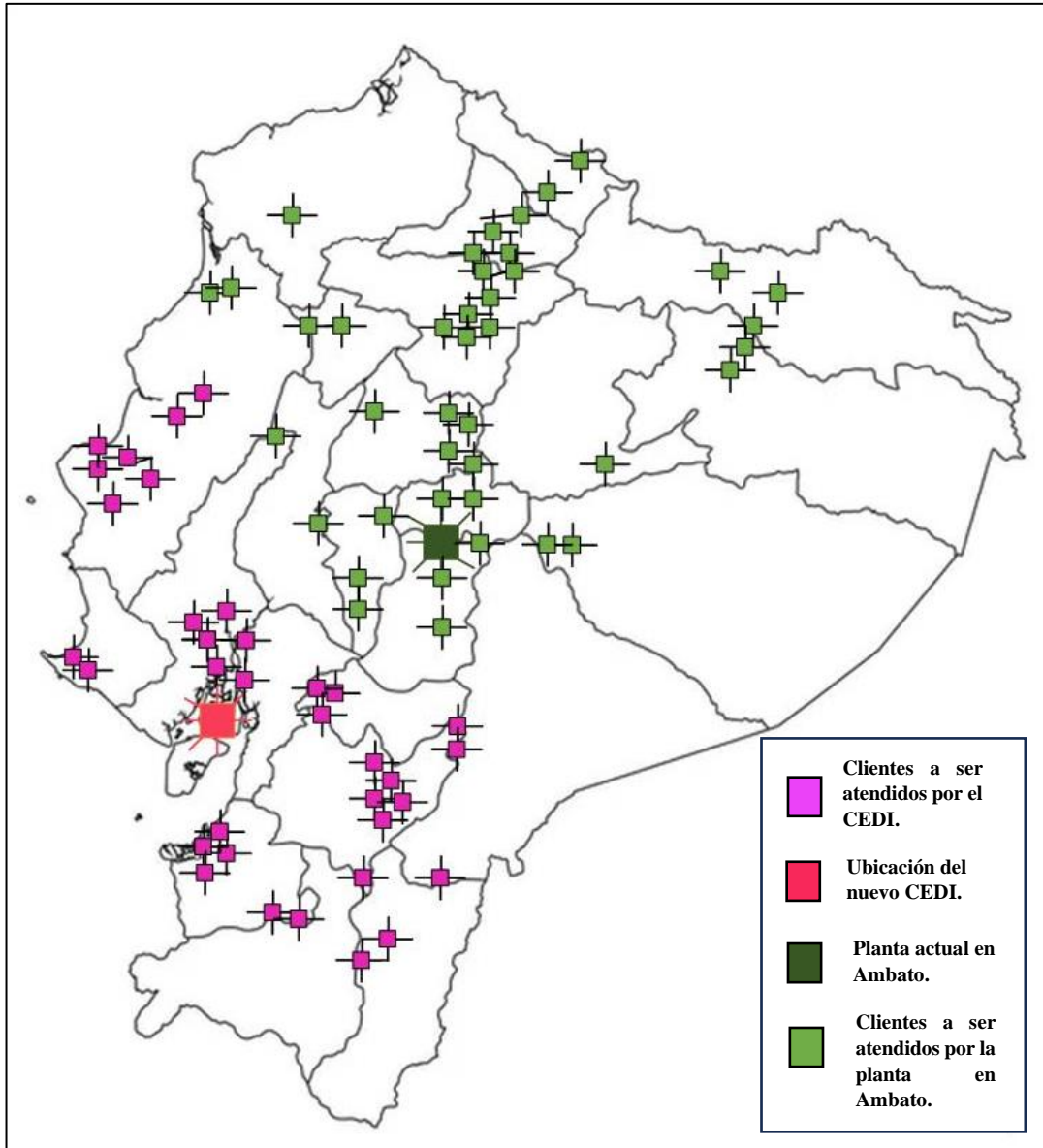


Figura 19. Representación gráfica de la distribución de los centros de gravedad por ciudad

Tabla 21. Distribución de los centros de gravedad para Ambato y para el CEDI en Guayaquil

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud	Distancia ( $D_{Ai}$ )	Distancia ( $D_{CDi}$ )	Ambato ( $X_{Ai}$ )	CEDI ( $X_{CDi}$ )
AMBATO	\$ 0.0216	4708	-1.249464746	-78.62242423	6.81	173.55	1	0
ANTONIO ANTE	\$ 0.0216	28	0.330451	-78.2040972	175.23	334.40	1	0
ARENILLAS	\$ 0.0216	31	-3.560384581	-80.07076626	309.99	157.06	0	1
AZOGUES	\$ 0.0216	162	-2.741134152	-78.84879343	174.04	132.64	0	1
BABAHOYO	\$ 0.0216	51	-1.967334141	-79.68636597	148.92	31.20	0	1
BAÑOS DE AGUA SANTA	\$ 0.0216	87	-1.397465434	-78.42614666	28.75	183.54	1	0
BIBLIAN	\$ 0.0216	140	-2.714351	-78.8899963	171.93	127.19	0	1
BUCA Y	\$ 0.0216	73	-2.204719	-79.177711	129.66	79.43	0	1
CAÑAR	\$ 0.0216	92	-2.5763158	-78.92858047	157.87	116.55	0	1
CAYAMBE	\$ 0.0216	855	0.045465143	-78.14369371	146.85	312.80	1	0
CEVALLOS	\$ 0.0216	23	-1.3547187	-78.6157565	17.72	167.62	1	0
CHONE	\$ 0.0216	47	-0.698438864	-80.092903	176.06	163.99	0	1
CUENCA	\$ 0.0216	3692	-2.888186943	-78.99620523	193.34	128.26	0	1
CUMANDÁ	\$ 0.0216	99	-2.206582	-79.1336706	127.44	84.32	0	1
DURÁN	\$ 0.0216	109	-1.96134975	-79.91787904	170.29	22.22	0	1



Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud	Distancia ( $D_{Ai}$ )	Distancia ( $D_{CDi}$ )	Ambato ( $X_{Ai}$ )	CEDI ( $X_{CDi}$ )
EL CARMEN	\$ 0.0216	90	-0.271274476	-79.4648972	141.66	215.23	1	0
EL COCA	\$ 0.0216	60	-0.4512396	-76.9904893	196.25	374.22	1	0
EL GUABO	\$ 0.0216	160	-3.2435816	-79.8327659	266.14	120.73	0	1
ESMERALDAS	\$ 0.0216	1181	0.059528048	-79.73681059	189.19	247.33	1	0
FRANCISCO DE ORELLANA	\$ 0.0216	294	-0.468652919	-77.01394135	193.07	370.99	1	0
GENERAL ANTONIO ELIZALDE	\$ 0.0216	103	-2.1890274	-79.1830693	128.46	78.74	0	1
GUALAQUIZA	\$ 0.0216	10	-3.4032118	-78.5821078	245.27	200.66	0	1
GUAMOTE	\$ 0.0216	17	-1.9377187	-78.7107731	83.40	133.46	1	0
GUARANDA	\$ 0.0216	417	-1.582001895	-78.99939567	62.44	118.08	1	0
GUAYAQUIL	\$ 0.0216	8033	-2.159380638	-79.89107355	179.86	0.00	0	1
HUAQUILLAS	\$ 0.0216	15	-3.2581112	-79.9553924	274.80	122.38	0	1
IBARRA	\$ 0.0216	2559	0.258242586	-78.19285145	167.78	328.50	1	0
JARAMIJO	\$ 0.0216	11	-0.9560251	-80.6384944	229.31	157.50	0	1
JIPIJAPA	\$ 0.0216	81	-1.342516849	-80.57854558	221.64	118.69	0	1
JOYA DE LOS SACHAS	\$ 0.0216	40	-0.2947631	-76.855056	217.46	396.10	1	0
LA LIBERTAD	\$ 0.0216	196	-2.227766861	-80.86196382	277.28	108.14	0	1

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud	Distancia ( $D_{Ai}$ )	Distancia ( $D_{CDi}$ )	Ambato ( $X_{Ai}$ )	CEDI ( $X_{CDi}$ )
LA TRONCAL	\$ 0.0216	19	-2.4204637	-79.3437394	159.72	67.39	0	1
LAGO AGRIO	\$ 0.0216	603	0.082157314	-76.84559167	240.55	420.42	1	0
LATACUNGA	\$ 0.0216	676	-0.92863199	-78.62269301	30.11	196.48	1	0
LOJA	\$ 0.0216	1568	-3.369127109	-79.08353104	247.63	161.68	0	1
MACHALA	\$ 0.0216	1016	-3.264890262	-79.95774113	275.57	123.15	0	1
MANTA	\$ 0.0216	2763	-0.998984218	-80.60329726	224.91	151.38	0	1
MEJIA	\$ 0.0216	152	-0.1558604	-78.47773671	116.49	272.61	1	0
MONTECRISTI	\$ 0.0216	28	-1.042624821	-80.65811664	230.56	150.63	0	1
MONTÚFAR	\$ 0.0216	86	0.5026912	-77.9042521	203.85	369.34	1	0
MORONA	\$ 0.0216	282	-2.318280222	-78.11633631	135.29	197.98	1	0
NABON	\$ 0.0216	10	-2.8943068	-78.9968344	194.02	128.63	0	1
OTAVALO	\$ 0.0216	903	0.235966711	-78.25958322	163.57	322.24	1	0
PASTAZA	\$ 0.0216	564	-1.530294854	-77.90233789	84.94	231.83	1	0
PEDERNALES	\$ 0.0216	33	0.0731181	-80.0513928	215.32	248.88	1	0
PELILEO	\$ 0.0216	90	-1.302716757	-78.55534176	12.32	176.39	1	0
PIÑAS	\$ 0.0216	21	-3.639986171	-79.71050601	298.76	165.85	0	1

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud	Distancia ( $D_{Ai}$ )	Distancia ( $D_{CDi}$ )	Ambato ( $X_{Ai}$ )	CEDI ( $X_{CDi}$ )
PORTOVELO	\$ 0.0216	36	-3.714685628	-79.61787556	302.29	175.58	0	1
PORTOVIEJO	\$ 0.0216	2268	-1.046634167	-80.46180862	208.76	139.05	0	1
PUYO	\$ 0.0216	183	-1.492722323	-77.9998466	73.37	222.88	1	0
QUEVEDO	\$ 0.0216	165	-1.46285654	-79.25179325	79.26	105.10	1	0
QUININDÉ	\$ 0.0216	76	0.3268809	-79.4647633	195.42	280.49	1	0
QUITO	\$ 0.0216	7807	-0.196335234	-78.49650297	111.80	267.73	1	0
RIOBAMBA	\$ 0.0216	2179	-1.649261579	-78.67210521	51.06	146.87	1	0
ROCAFUERTE	\$ 0.0216	63	-0.1464847	-78.4751945	117.56	273.63	1	0
RUMIÑAHUI	\$ 0.0216	1455	-0.34295247	-78.47792009	95.83	255.88	1	0
SALCEDO	\$ 0.0216	190	-0.957126464	-78.57935415	26.75	197.81	1	0
SAN CAMILO	\$ 0.0216	71	-1.0230607	-79.4608897	98.74	135.10	1	0
SAN MIGUEL	\$ 0.0216	82	-1.690166583	-79.0343019	73.76	108.57	1	0
SANGOLQUÍ	\$ 0.0216	336	-0.307629221	-78.45684032	100.05	260.42	1	0
SANTA ANA	\$ 0.0216	10	-1.2069	-80.3686488	197.73	118.47	0	1
SANTA ELENA	\$ 0.0216	297	-2.257303913	-80.82923826	275.36	104.81	0	1
SANTA ISABEL	\$ 0.0216	10	-2.9060315	-79.0317902	196.22	126.51	0	1

Ciudad	Costo de envío (\$/bulto)	Bultos enviados	Latitud	Longitud	Distancia ( $D_{Ai}$ )	Distancia ( $D_{CDi}$ )	Ambato ( $X_{Ai}$ )	CEDI ( $X_{CDi}$ )
SANTA ROSA	\$ 0.0216	91	-3.459195251	-79.96701576	294.37	144.78	0	1
SANTIAGO DE PILLARO	\$ 0.0216	257	-1.166970154	-78.5516521	5.45	185.31	1	0
SANTO DOMINGO	\$ 0.0216	2124	-0.330194586	-79.11395421	112.66	220.98	1	0
SHUSHUFINDI	\$ 0.0216	164	-0.1882903	-76.6421554	243.92	422.47	1	0
SUCÚA	\$ 0.0216	81	-2.456635593	-78.17068134	147.57	193.98	1	0
TABACUNDO	\$ 0.0216	36	0.0462831	-78.217644	144.36	307.83	1	0
TARQUI	\$ 0.0216	45	-2.1169808	-79.906635	178.52	5.02	0	1
TENA	\$ 0.0216	343	-0.99612179	-77.81345275	89.19	264.69	1	0
TOSAGUA	\$ 0.0216	22	-0.7827449	-80.2363918	188.76	157.81	0	1
TULCÁN	\$ 0.0216	197	0.805402595	-77.72557722	242.56	408.22	1	0
VALENCIA	\$ 0.0216	11	-1.0230607	-79.4608897	98.74	135.10	1	0
YANTZAZA	\$ 0.0216	104	-3.83321105	-78.76165643	293.70	224.43	0	1
ZAMORA	\$ 0.0216	52	-4.058059412	-78.94308518	320.49	235.91	0	1



Tabla 22. Alternativas para alquilar un CEDI

Instalación	Descripción
<b>Alternativa 1</b>	
	<p>Dirección: Bodega en el Norte de Guayaquil, muy cerca de la Avenida Juan Tanca Marengo. En Condominio de Bodegas.                      Coordenadas: (-2.139739274542839, -79.91020828010232)                      Seguridad: Sí.                      Dimensiones: 650 m<sup>2</sup>                      Precio: \$2000 \$/mes                      Vías de acceso: Sí.                      Instalaciones: Oficina, baño y parqueadero.</p>
<b>Alternativa 2</b>	
	<p>Dirección: Sector Juan Tanca Marengo.                      Coordenadas: (-2.1510264918889432, -79.8990855901701)                      Seguridad: Sí.                      Dimensiones: 525 m<sup>2</sup>                      Precio: 2362.5 \$/mes                      Vías de acceso: Sí.                      Instalaciones: Patio para maniobrar contenedores.</p>
<b>Alternativa 3</b>	
	<p>Dirección: Cdla. Bellavista Complejo de bodegas.                      Coordenadas: (-2.1847042109536647, -79.91023961729643)                      Seguridad: Sí.                      Dimensiones: 525 m<sup>2</sup>                      Precio: 2685.85 \$/mes                      Vías de acceso: Sí.                      Instalaciones: Cámaras de vigilancia, sistema contra incendios, tiene 2 entradas una para contenedores y otra para vehículos livianos.</p>

### 3.3.3 Desarrollo del modelo AHP para selección del CEDI adecuado

Se ingresó el modelo explicado en la Figura 15 al programa *Expert Choice*, y se procedió a configurar el ingreso de los dos participantes (tutor institucional: Ing. Israel Naranjo Mg. y la investigadora: Gabriela Narváez) que calificaron este, dentro del software lo que se realiza es el establecimiento de prioridades y se aplica la Ecuación 7 en dónde se combinan los criterios de los investigadores. Este programa permite un análisis de grupos decisores como se muestra en la Figura 21.

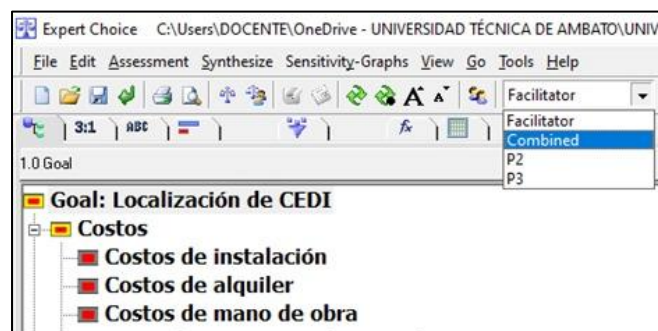


Figura 21. Grupos decisores en *Expert Choice*

De la misma forma se ingresaron las alternativas, teniendo como resultado las matrices de calificación para los criterios con un total de 8 matrices y para los subcriterios 26 matrices, para tener un resultado final de selección cada uno de los participantes ingresó sus respectivas calificaciones y al final se combinaron estos juicios para seleccionar la alternativa óptima cómo se muestra en la Figura 22.



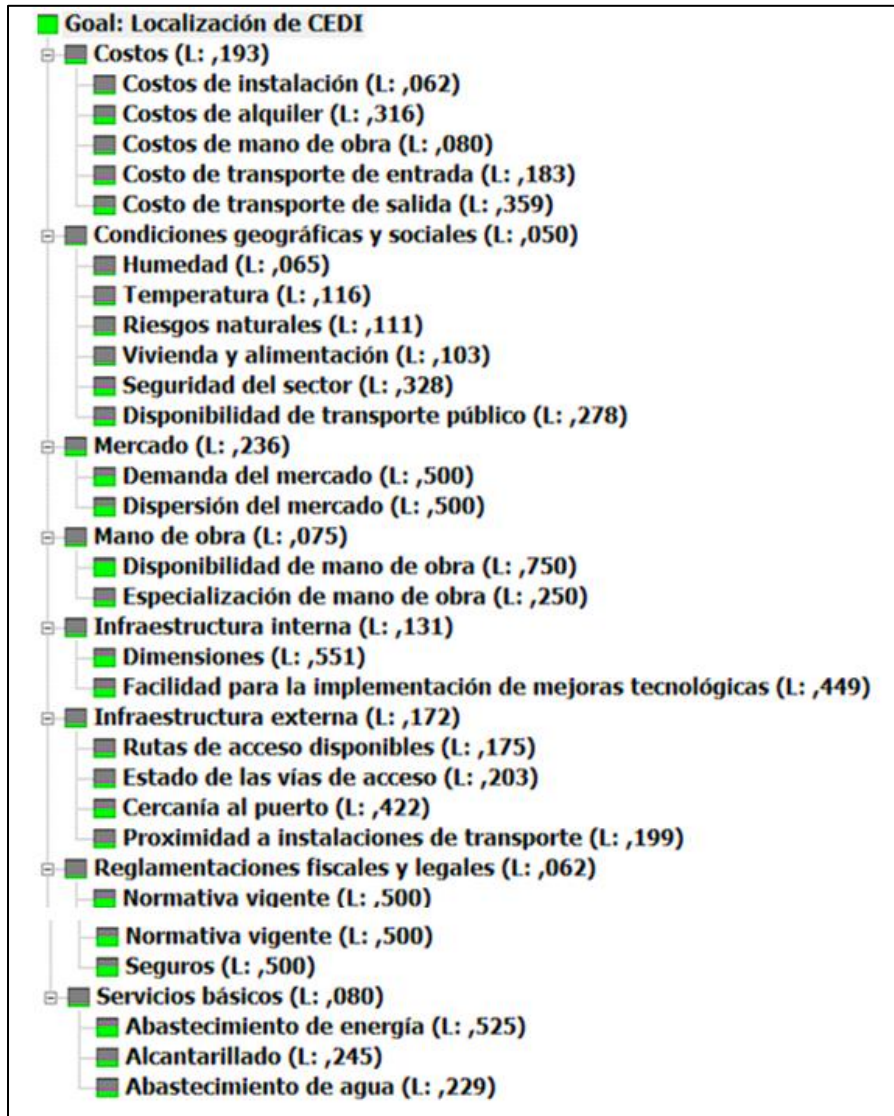


Figura 22. Modelo AHP en el software Expert Choice

El resumen del orden de prioridad de los criterios con sus diferentes ponderaciones explica la importancia que tiene cada uno de estos dentro del estudio y la decisión final está tomada en base a que tan importantes son, como se muestra en la Figura 23.



Figura 23. Orden de prioridad de los criterios



Por consiguiente, al calificar cada subcriterio de acuerdo con las tres alternativas disponibles se llegó a la conclusión de que la alternativa 3 es la mejor opción para la empresa, teniendo un 37.8% de aceptación con respecto a las otras, como se muestra en la Figura 24. Por otra parte, la gráfica del análisis de sensibilidad de rendimiento muestra los cambios de las tres alternativas ingresadas al modelo a través de las variaciones de las calificaciones de los criterios y subcriterios realizados por los investigadores como se muestra en la Figura 25.

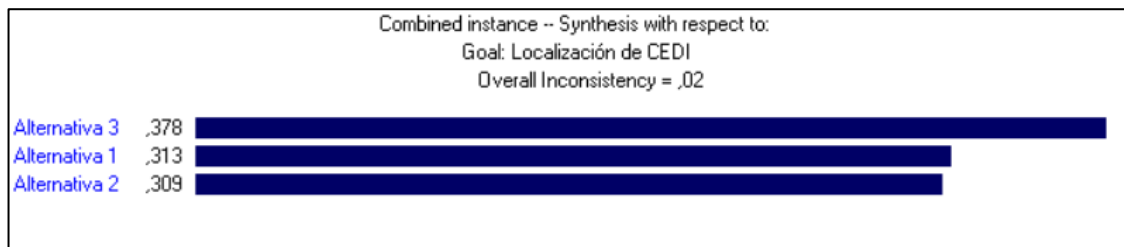


Figura 24. Alternativa predilecta

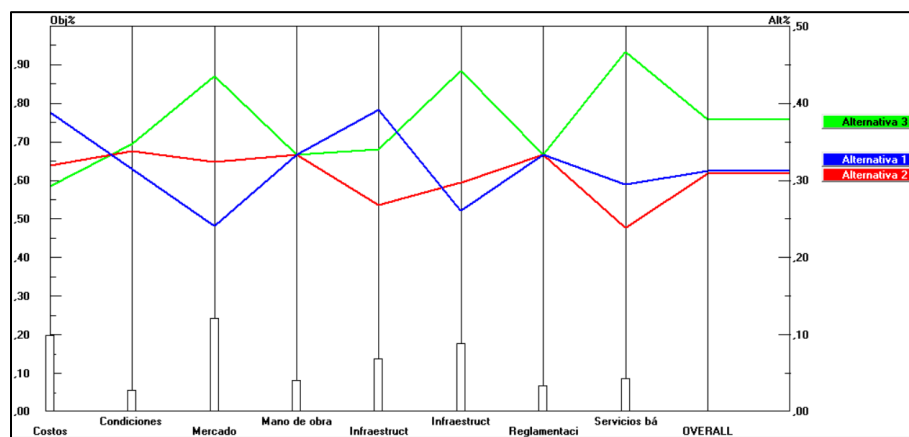


Figura 25. Gráfica del análisis de sensibilidad de rendimiento con respecto a los criterios

### 3.3.4 Reemplazo de las coordenadas de la alternativa ganadora en el modelo

#### a. Costo de distribución final

Teniendo en cuenta que las coordenadas de la alternativa 3 difieren por algunos decimales del punto exacto en dónde se encontraba el centro de gravedad, fue necesario volver a reemplazar dichas coordenadas para encontrar el costo de distribución final, como se puede observar en la Tabla 23.

Tabla 23. Costo de distribución final para la alternativa ganadora

<b>AMBATO</b>		
LATITUD		-1.197451
LONGITUD		-78.59005
CT	\$	64.360.83
<b>CD NUEVO</b>		
LATITUD		-2.18475
LONGITUD		-79.91029
CT	\$	40.239.32
CT	\$	104.600.15

Este costo de distribución final es de \$104.600.15, lo cual significa que la empresa tendría una reducción del 34.38% del costo actual de distribución. Ahora bien, considerando los costos asociados a la instalación del nuevo CEDI es necesario establecer los mismos para la demanda actual que se calculó en el periodo de nueve meses (periodo histórico para análisis en este proyecto) como se muestra en la Tabla 24, se consideró para los servicios básicos los costos que se exponen en un sitio referencial web para realizar los cálculos respectivamente.

Tabla 24. Costos de instalar el nuevo CEDI

Referencia	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Precio total periodo nueve meses
Costo de alquiler	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 2,685.85	\$ 24,172.65
Servicios básicos (Internet Netlife 350 Mbps, luz: 500 kWh cada mes, agua, teléfono: CNT)	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 106.53	\$ 958.77
Muebles de oficina	\$ 500.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500.00
Salario jefe de bodega	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 4,500.00
Costo de transporte de estanterías	\$ 80.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$80.00
<b>Costo total</b>	<b>\$ 3,872.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 3,292.38</b>	<b>\$ 30,211.42</b>

**Nota:** Los costos están dados como datos referenciales.

Tabla 25. Costos para la situación actual y costos para la situación propuesta

		<b>Descripción</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>Mes 6</b>	<b>Mes 7</b>	<b>Mes 8</b>	<b>Mes 9</b>	<b>Precio total periodo nueve meses</b>
Situación actual	Costo de distribución planta Ambato		\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$17,712.22	\$159,409.95
	<b>Costo Total</b>		<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$17,712.22</b>	<b>\$159,409.95</b>
Situación propuesta	Costo de distribución planta Ambato		\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 7,151.20	\$ 64,360.83
	Costo de distribución CEDI		\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 4,471.04	\$ 40,239.32
	Costo Operativo CEDI		\$ 3,872.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 3,292.38	\$ 30,211.42
	<b>Costo Total</b>		<b>\$15,494.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$14,914.62</b>	<b>\$134,811.57</b>
	<b>Diferencia</b>		<b>\$ 2,217.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 2,797.60</b>	<b>\$ 24,598.38</b>

**Nota:** No se toman en cuenta los costos de operación en la planta de Ambato debido a que son datos confidenciales de la empresa.

Se descarta el costo de personal puesto que el volumen de bultos que se enviará desde el CEDI corresponde al 42.06% del total de la demanda actual y el de los trabajadores actuales, así, se puede designar a la mitad del personal para que cubra las necesidades del nuevo CEDI; para el caso de las estanterías se procedería de igual forma.

Realizando los cálculos se tendría que el costo de distribución e instalación de un nuevo CEDI sería de \$134.811.57 en el mismo periodo de análisis, lo cual significa que se tendría una disminución de \$24.598.38 correspondiente al 15.43% de los \$159.409.95 que se valoraba en el inicio del estudio.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El análisis del proceso de distribución permitió conocer a profundidad la situación actual de la empresa; los principales hallazgos se encontraron en que la flota es subcontratada dentro de la empresa y los costos asociados que genera dicho proceso a la empresa. Subsecuentemente, se visualizó que la problemática principal de la empresa recae en que su política de tiempo de entrega de 24 horas no se está cumpliendo debido a la distancia a la que se encuentran algunos clientes de la planta en Ambato, por este motivo y para reducir el costo de distribución fue necesario el alquilar un nuevo CEDI.
- Se examinó por medio de un análisis ABC, que las ciudades con mayor costo de distribución son Guayaquil, Quito, Ambato, Cuenca, Ibarra, Portoviejo, Riobamba, Manta, Santo Domingo, Loja, Esmeraldas y Machala; y que el costo de distribución total es de \$ 159.409.95, el cuál sirvió para realizar una comparativa después de la aplicación del modelo.
- El modelo matemático se estableció mediante la información proporcionada por la empresa, dicho modelo relacionó parámetros como la ubicación geográfica de los clientes y de la planta en Ambato, la demanda y el costo de envío. Para el establecimiento de las distancias fue necesario utilizar el teorema de Haversine, relacionando las coordenadas de los clientes (latitud y longitud) y las de la planta en Ambato o el nuevo CEDI.
- Se planteó un modelo matemático de programación no lineal entera mixta, que busca minimizar el costo de distribución de productos desde la planta de Ambato y el nuevo CEDI hacia los clientes asignados por el modelo, el cual consta de 306 variables no lineales, 152 variables enteras, 239 restricciones generales, 232 restricciones no lineales, todas generadas por el modelo resuelto en el software LINGO.

- Para el tratamiento de datos fue necesario establecer algunas consideraciones, puesto que el número de clientes es de 925 se procedió a encontrar pequeños centros de gravedad para 76 ciudades e ingresar dichos datos en el modelo programado en LINGO para encontrar una solución factible. Las coordenadas geográficas resultantes del centro de gravedad general son (-2.159385; -79.89109) lo cual ubicó al nuevo CEDI en la ciudad de Guayaquil y el costo de distribución disminuyó en un 34.79% del costo actual.
- Por otro lado, para el modelo de decisión multicriterio (AHP) fue necesario realizar una investigación bibliográfica de los aspectos más relevantes que otras empresas e investigadores consideran necesarios para la selección de una instalación (CEDI) y así formular el modelo jerárquico. Además, al no disponer de una bodega en alquiler exacta en el punto específico se buscaron alternativas cercanas al centro de gravedad entregado por el modelo matemático y que cumplan con los criterios y subcriterios establecidos en el AHP. Con la ayuda del software *Expert Choice* se procedió a realizar una calificación de las tres alternativas disponibles y en base al juicio de dos investigadores el programa analizó que la mejor opción era la alternativa 3. Con las coordenadas de esta opción el costo de distribución final sería de \$104.600.15.
- Finalmente, se dispuso los costos de instalar un CEDI en ese punto justificando las necesidades de la empresa en cuánto al alquiler, servicios básicos, salario de un jefe de bodega, costo de transporte de estanterías y muebles de oficina, es de esta forma que dichos costos restan un porcentaje al costo de distribución. Al final se obtuvo una reducción correspondiente al 15.43% de los \$159.409.95 que se valoraba en el inicio del estudio.

## 4.2 Recomendaciones

- Implementar la información expuesta en este proyecto para beneficio de la empresa considerando que al modelo se pueden incluir ciertos parámetros específicos que otorguen un resultado más preciso, pero con información confidencial de la organización.

- Socializar la propuesta a los miembros de la organización con el objetivo de recibir una retroalimentación por parte de estos y antes de aplicar el proyecto realizar los cambios que se crean pertinentes.
- Utilizar herramientas de seguimiento en tiempo real del proceso de distribución en el área logística mediante el ruteo dinámico o instrumentos de la Industria 4.0.
- Realizar un estudio a profundidad considerando el diseño e instalación de un nuevo CEDI considerando la construcción desde cero de este.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Coyle, J. Langley, R. Novack, y B. Gibson, *Administración de La Cadena de Suministro. Una Perspectiva Logística*, 9na ed. Cengage Learning, 2013. [En línea]. Disponible en: [https://kupdf.net/download/administracion-de-la-cadena-de-suministro-una-perspectiva-logistica-9a-ed-2013-coyle-langley-novack-gibson\\_58f77cd9dc0d60b34fda9851\\_pdf](https://kupdf.net/download/administracion-de-la-cadena-de-suministro-una-perspectiva-logistica-9a-ed-2013-coyle-langley-novack-gibson_58f77cd9dc0d60b34fda9851_pdf)
- [2] G. A. B. Villamil, L. S. B. Torres, M. M. Bohorquez, y L. T. Mahecha, «La efectividad de una cadena de suministro flexible: clave para ser altamente competitivo», *Av. Investig. En Ing.*, vol. XV, n.º 1, Art. n.º 1, dic. 2018, doi: 10.18041/1794-4953/avances.1.4734.
- [3] J. A. V. Granados, «Hacia una cadena de suministro más flexible», *Real. Reflexión*, vol. XXII, n.º 56, Art. n.º 56, 2022, doi: 10.5377/ryr.v1i56.15779.
- [4] N. R. Zambrano Camacho y C. E. Orellana Intriago, «Factores que influyen en la calidad del servicio de transporte pesado en Guayaquil», *Rev. Univ. Soc.*, vol. X, n.º 5, pp. 224-231, dic. 2018.
- [5] C. Jaime, K. Llumiquinga, M. Sarzosa, y F. Sarrade, «Análisis de la cadena de suministro de las grandes empresas del sector de alojamiento y servicios de comida en el Analysis of the supply chain of the large companies of the accommodation and food services sector in the Metropolitan District of Quito», *Espacios*, vol. XLI, n.º 34, sep. 2020.
- [6] E. Weenk, *Cómo gestionar la cadena de suministro: fundamentos, práctica y aplicaciones en la vida real*. Marge Books, 2022. Accedido: 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/225455>
- [7] S. Walter Stachú, *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*. Argentina: El Cid Editor | apuntes, 2009. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/en/ereader/uta/31400>

- [8] «Bizagi, One Platform; Every Process. Guía de Usuario de Modeler». Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://help.bizagi.com/process-modeler/es/index.html?events.htm>
- [9] D. Sánchez Huerta, *Análisis FODA o DAFO: el mejor y más completo estudio con 9 ejemplos prácticos*. Bubok Publishing S.L., 2020. Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/189293>
- [10] T. Vélez Maya, *Logística empresarial*. Ediciones de la U, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/70227>
- [11] F. Robusté Antón, *Logística del transporte*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/61418>
- [12] I. Naranjo *et al.*, «Mathematical models for the formation and evaluation of manufacturing cells in a textile company: A case study», *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 16, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2023, doi: 10.3926/jiem.4143.
- [13] C. E. para A. L. y el Caribe, «La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0», *Facil. Comer. Logística En América Lat. El Caribe*, vol. VII, n.º 7, pp. 1-16, abr. 2020.
- [14] D. Soler, *Diccionario de logística*. Marge Books, 2009. Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/59298>
- [15] D. L. Saldarriaga Restrepo, *Almacenes y centros de distribución: manual para optimizar procesos y operaciones*. Marge Books, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/117564>
- [16] A. Posada y J. Gregorio, «Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS)», *J. Econ. Finance Adm. Sci.*, vol. XVI, n.º 30, pp. 83-96, jun. 2011.
- [17] H. Muñoz, D. Ortiz, I. Naranjo, y A. Pazmiño, «Optimization of routes for the collection of solid waste.», oct. 2021.

- [18] J. Vázquez, J. C. Llivisaca, D. Ortiz, I. Naranjo, y L. Siguenza-Guzman, «Technologies Applied to Solve Facility Layout Problems with Resilience – A Systematic Review», en *Applied Technologies*, M. Botto-Tobar, S. Montes León, P. Torres-Carrión, M. Zambrano Vizueté, y B. Durakovic, Eds., en *Communications in Computer and Information Science*. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 67-79. doi: 10.1007/978-3-031-03884-6\_5.
- [19] W. Calderón, D. Ortiz, A. Pazmiño, y I. Naranjo, «Distribution of Facilities to Improve the Raw Material Storage System», en *CSEI: International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI)*, M. V. Garcia y C. Gordón-Gallegos, Eds., en *Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 543-564. doi: 10.1007/978-3-031-30592-4\_37.
- [20] B. D. Garay y M. T. Noriega, *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Universidad de Lima, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=sJ7uzgEACAAJ>
- [21] P. Dauni, M. D. Firdaus, R. Asfariani, M. I. N. Saputra, A. A. Hidayat, y W. B. Zulfikar, «Implementation of Haversine formula for school location tracking», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, n.º 7, p. 077028, dic. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077028.
- [22] Z. Mei, X. Chi, y R. Chi, «Research on Logistics Distribution Center Location Based on Hybrid Beetle Antennae Search and Rain Algorithm», *Biomimetics*, vol. 7, n.º 4, Art. n.º 4, dic. 2022, doi: 10.3390/biomimetics7040194.
- [23] Á. G. G. Lozano, G. E. M. Cascante, y J. C. M. Alulema, «Aplicación de algoritmos de optimización para la localización de centros de distribución comercial», *ECA Sinerg.*, vol. 11, n.º 1, pp. 7-18, 2020, doi: [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v11i1.1097](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v11i1.1097).
- [24] Z. Hu, L. Wang, J. Qin, B. Lev, y L. Gan, «Optimization of facility location and size problem based on bi-level multi-objective programming», *Comput. Oper. Res.*, vol. 145, p. 105860, sep. 2022, doi: 10.1016/j.cor.2022.105860.

- [25] J. A. Zapata-Cortes, Á. R. Vélez-Bedoya, M. D. Arango-Serna, J. A. Zapata-Cortes, Á. R. Vélez-Bedoya, y M. D. Arango-Serna, «Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte», *Investig. Adm.*, vol. XLIX, n.º 126, dic. 2020, doi: 10.35426/iav49n126.08.
- [26] «Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Modelo de decisión multicriterio para el control de fallas de productos terminados en la empresa Blessing Factory». Accedido: 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8113>
- [27] X. Hu, B. Sun, y X. Chen, «Double quantitative fuzzy rough set-based improved AHP method and application to supplier selection decision making», *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 11, ene. 2020, doi: 10.1007/s13042-019-00964-z.
- [28] M. N. H. Suman, N. MD Sarfaraj, F. A. Chyon, y M. R. I. Fahim, «Facility location selection for the furniture industry of Bangladesh: Comparative AHP and FAHP analysis», *Int. J. Eng. Bus. Manag.*, vol. 13, p. 18479790211030851, ene. 2021, doi: 10.1177/18479790211030851.
- [29] T. L. Saaty, *Toma de Decisiones para Lideres: El Proceso Analitico Jerarquico la Toma de Decisiones en un Mundo Complejo*. R W S Publications, 1997.
- [30] O. Alharasees y U. Kale, «Evaluation of Air Transport Projects Development by AHP», en *Green Approaches in Sustainable Aviation*, T. H. Karakoc, R. Das, I. Ekmekci, A. Dalkiran, y A. H. Ercan, Eds., en Sustainable Aviation. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 55-64. doi: 10.1007/978-3-031-33118-3\_8.
- [31] P. T. Kieu, V. T. Nguyen, V. T. Nguyen, y T. P. Ho, «A Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process (SF-AHP) and Combined Compromise Solution (CoCoSo) Algorithm in Distribution Center Location Selection: A Case Study in Agricultural Supply Chain», *Axioms*, vol. 10, n.º 2, Art. n.º 2, jun. 2021, doi: 10.3390/axioms10020053.
- [32] W. S. Lam, W. H. Lam, C. Y. Hoh, y S. Y. Wong, «Evaluation of the Preference of Online Food Delivery Providers in Supply Chain Management with AHP Model», en *Advances in Material Science and Engineering*, M. Awang, H. H. Al-Kayiem, T. C.

Bor, y S. S. Emamian, Eds., en *Proceedings in Technology Transfer*. Singapore: Springer Nature, 2024, pp. 9-15. doi: 10.1007/978-981-99-5318-9\_2.

[33] J. Mihajlović, P. Rajkovic, G. Petrović, y D. Ćirić, «The selection of the logistics distribution fruit center location based on MCDM methodology in southern and eastern region in Serbia», *Oper. Res. Eng. Sci. Theory Appl.*, vol. II, n.º 2, pp. 72-85, ago. 2019, doi: 10.31181/oresta190247m.

[34] F. B. Restrepo y A. V. Osorio, «Optimización de la cadena de suministro. Caso de estudio empresa del sector de alimentos», Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial, Universidad EIA, Envigado, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5242/BaenaFederico\\_2022\\_OptimizacionCadenaSuministro.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5242/BaenaFederico_2022_OptimizacionCadenaSuministro.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

[35] F. Martínez Magallón, «Análisis de la localización de un centro logístico de hipermercados a través de un sistema de información geográfica en la provincia de Sevilla», Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería de Organización Industrial, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/101587>

[36] «Nosotros», RECTIMA. Accedido: 6 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.rectima.com.ec/nosotros/>

[37] «How to Select a Distribution Center in 2023 (Ultimate Guide)». Accedido: 9 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.upperinc.com/blog/how-to-select-a-distribution-center/>

[38] H. Sunol, «Choosing a Warehouse Location: 7 Critical Criteria to Consider». Accedido: 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://articles.cyzerg.com/choosing-a-warehouse-location-7-critical-criteria-to-consider>

[39] N. Gaither y G. Frazier, *Administracion de Produccion y Operaciones*, 8va ed. México: International Thomson Editores, S.A., 2000. Accedido: 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

[https://www.academia.edu/23064888/Administracion\\_de\\_Produccion\\_y\\_Operaciones\\_Norman\\_Gaither\\_y\\_Greg\\_Frazier\\_66\\_111\\_1\\_](https://www.academia.edu/23064888/Administracion_de_Produccion_y_Operaciones_Norman_Gaither_y_Greg_Frazier_66_111_1_)

[40] C. R. García, M. P. Floril, P. V. Cevallos, y E. B. Poveda, «Sistemas De Información Geográfica Y Su Aplicación En Las Ciencias Sociales: Una Revisión Bibliográfica», *CHAKIÑAN Rev. Cienc. Soc. HUMANIDADES*, n.º 8, pp. 24-35, 2019.

[41] M. Keshavarz-Ghorabae, «Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective–objective decision-making approach», *Sci. Rep.*, vol. 11, n.º 1, Art. n.º 1, sep. 2021, doi: 10.1038/s41598-021-98698-y.

[42] L. Ocampo *et al.*, «Warehouse location selection with TOPSIS group decision-making under different expert priority allocations», *Eng. Manag. Prod. Serv.*, vol. 12, pp. 22-39, dic. 2020, doi: 10.2478/emj-2020-0025.

[43] M. Agrebi y M. Abed, «Decision-making from multiple uncertain experts: case of distribution center location selection», *Soft Comput.*, vol. 25, n.º 6, pp. 4525-4544, mar. 2021, doi: 10.1007/s00500-020-05461-y.

[44] T. N. Mai Nong, «A hybrid model for distribution center location selection», *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 38, n.º 1, pp. 40-49, mar. 2022, doi: 10.1016/j.ajsl.2021.10.003.

[45] M. Quiroa, «Mano de obra», Economipedia. Accedido: 23 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/mano-de-obra.html>

[46] A. Sanjaya y A. Sembiring, «Determination of the optimal distribution centre location with gravity location model - IOPscience», *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. XIV, n.º 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/2/022041.

[47] F. Alves de Araújo, J. G. Mendes dos Reis, M. Terra da Silva, y E. Aktas, «A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Model to Evaluate Logistics Service Expectations and Delivery Methods in Last-Mile Delivery in Brazil», *Sustainability*, vol. 14, n.º 10, Art. n.º 10, ene. 2022, doi: 10.3390/su14105753.

[48] I. E. Naranjo Chiriboga, «Modelo tarifario de transporte terrestre y los costos de distribución en la Empresa Productos Suiza Dajed Cía. Ltda.», masterThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Gestión de Operaciones, 2018. Accedido: 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28324>

[49] «CEDIS: Qué Son los Centros de Distribución y Ventajas», Simpliroute. Accedido: 23 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://simpliroute.com/es/blog/cedis>

## ANEXOS

### Anexo A. Código utilizado en Lingo

En la Tabla A1 se muestra el código ingresado en Lingo para la resolución del modelo.

Tabla A1. Código en Lingo

RESOLUCIÓN DEL MODELO		
CLIENTE/1..76/:CO,V,DA,XA,DCD,XCD,CX,CY,CONTROL; ! indice i;		
COORDENADAS/CXA,CYA,CXCD,CYCD,PUNTO1,PUNTO2,PUNTO3,PUNTO4,C_AMBATO,C_CD,CT_AMBATO,CT_CD,VOL_AMBATO,VOL_CEDI/;;		
ENDSETS		
DATA:		
!maquinas=columnas, operaciones=filas;		
CO,V,CXA,CYA,CX,CY,PUNTO1,PUNTO2,PUNTO3,PUNTO4=@OLE("DATOS_CG.XLSX");		
ENDDATA		
!	*****	
		FUNCIÓN OBJETIVO
	*****	
MIN=		
@SUM(CLIENTE(i):CO(i)*V(i)*DA(i)*XA(i)*CONTROL(i))+		



@SUM(CLIENTE(i):CO(i)\*V(i)\*DCD(i)\*XCD(i));

!\*\*\*\*\*

## RESTRICCIONES

\*\*\*\*\*;

!Restricciones que permiten calcular la distancia desde el cliente "i" hacia la instalación principal en Ambato y al nuevo Centro de Distribución;

@FOR(CLIENTE(i):DA(i)=6371\*@ACOS(@COS((@PI()/180)\*(90-CX(i)))\*@COS((@PI()/180)\*(90-CXA))+@SIN((@PI()/180)\*(90-CX(i)))\*@SIN((@PI()/180)\*(90-CXA))\*@COS((@PI()/180)\*(CY(i)-CYA))));

@FOR(CLIENTE(i):DCD(i)=6371\*@ACOS(@COS((@PI()/180)\*(90-CX(i)))\*@COS((@PI()/180)\*(90+CXCD))+@SIN((@PI()/180)\*(90-CX(i)))\*@SIN((@PI()/180)\*(90+CXCD))\*@COS((@PI()/180)\*(CY(i)+CYCD))));

!Esta restricción garantiza que un cliente solo debe ser atendido por una de las dos instalaciones, Ambato o CEDI;

@FOR(CLIENTE(i):XA(i)\*CONTROL(i)+XCD(i)=1);

!Esta restricción garantiza que se envíe producto desde Ambato o el CEDI hacia el cliente más cercano;

@FOR(CLIENTE(i):@IF(DA(i)#LT#DCD(i),1,0)=CONTROL(i));

!Permite contar la cantidad de clientes a ser atendidos por la instalación principal en Ambato;

@SUM(CLIENTE(i):CONTROL(i))=C\_AMBATO;

!Permite contar la cantidad de clientes a ser atendidos por el CEDI;

@SUM(CLIENTE(i):XCD(i))=C\_CD;

!Permite cuantificar el costo total manejado por la instalación principal en Ambato;

@SUM(CLIENTE(i):CO(i)\*V(i)\*DA(i)\*XA(i)\*CONTROL(i))=CT\_AMBATO;

!Permite cuantificar el costo total manejado por el CEDI;

@SUM(CLIENTE(i):CO(i)\*V(i)\*DCD(i)\*XCD(i))=CT\_CD;

!Permite cuantificar el volumen total manejado por la planta de Ambato;

@SUM(CLIENTE(i):V(i)\*XA(i)\*CONTROL(i))=VOL\_AMBATO;

!Permite cuantificar el volumen total manejado por el CEDI;

@SUM(CLIENTE(i):V(i)\*XCD(i))=VOL\_CEDI;

!Garantiza que el centro de gravedad se ubique dentro de un cuadrante específico;

CXCD>=PUNTO1;

CXCD<=PUNTO2;

CYCD>=PUNTO3;

```
CYCD<=PUNTO4;
```

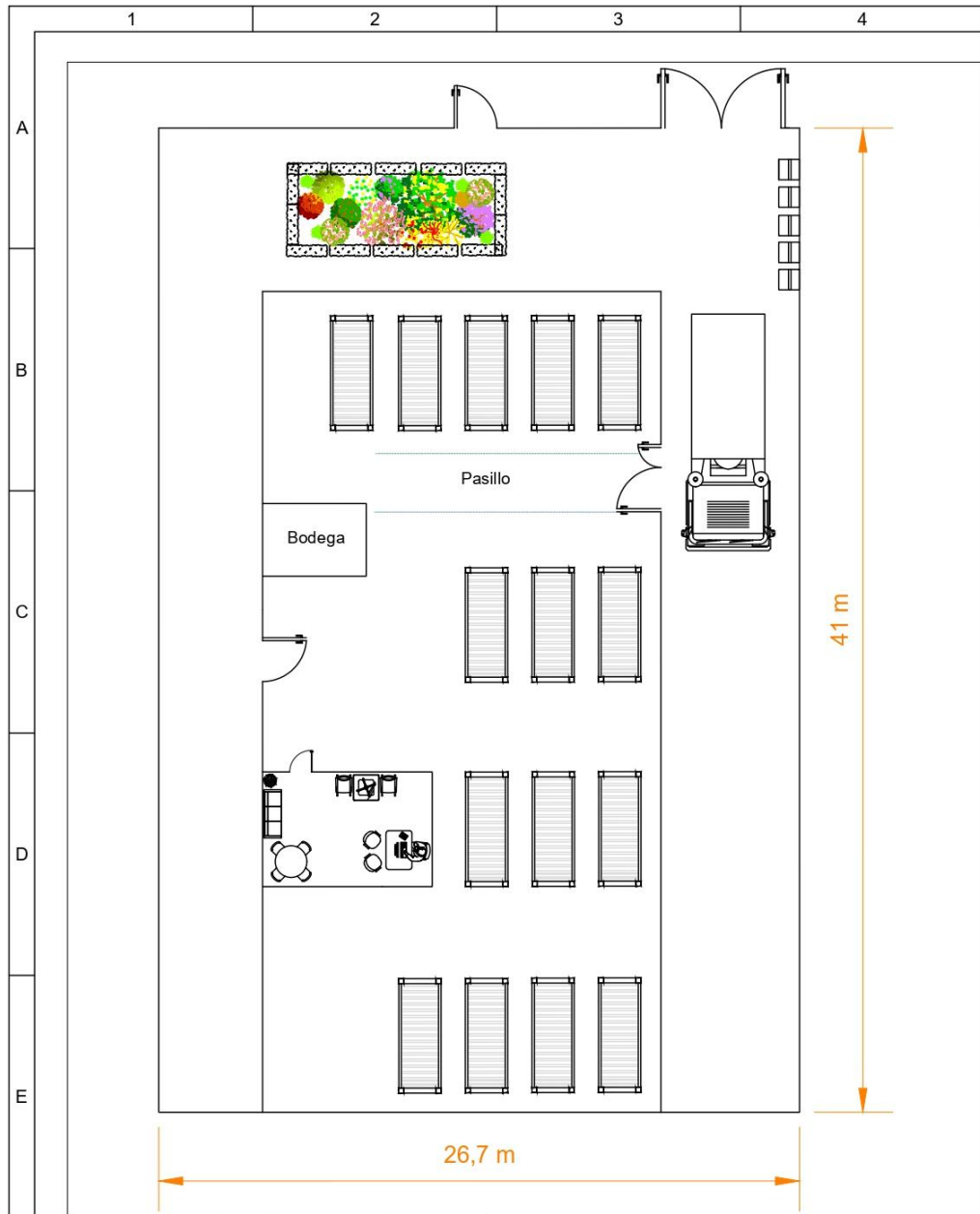
```
!Ecuaciones de tipos de variables;
```

```
@for(CLIENTE(i):@bin(XA));
```

```
@for(CLIENTE(i):@bin(XCD));
```

```
END
```

## Anexo B. Plano de la planta en Ambato

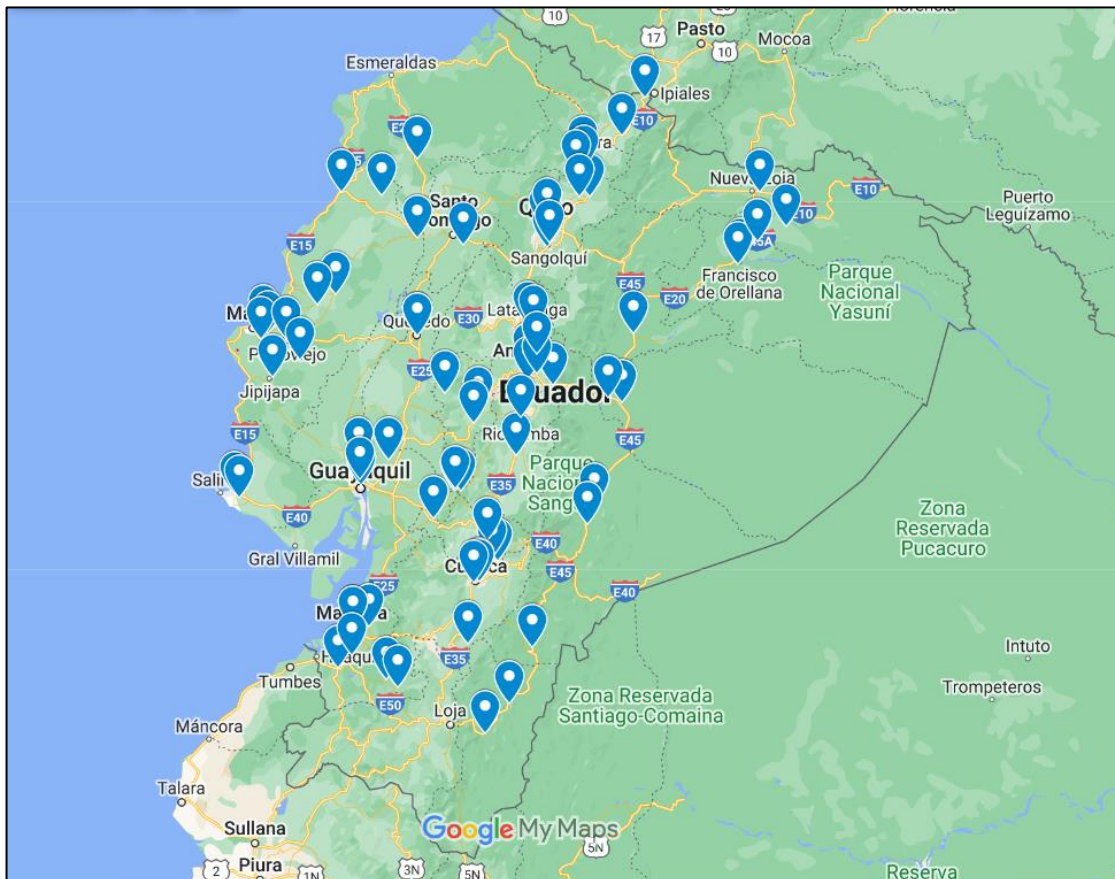


				<b>Tolerancia:</b>	<b>Peso:</b>	<b>Materiales:</b>	
				<b>fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Denominación:</b> LAYOUT DE LA PLANTA	<b>ESCALA:</b> 1:1
			<b>Dib.</b>	18/11/2023	Gabriela Narváez		
			<b>Rev.</b>	20/11/2023	Ing. Israel Naranjo		
				<b>Apro.</b>	20/11/2023	Ing. Israel Naranjo	
				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		<b>Numero de Dibujo:</b>	
						01	MARCA DE REGISTRO
<b>Edición</b>	<b>Modificación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>			<b>Sustitución:</b>	

Anexo C. Ubicación de las 76 coordenadas en Google Maps

En la Figura A1 se muestra la ubicación geográfica de los CEDIS para cada ciudad

Figura A1. Mapa con la ubicación de los 76 CEDIS



Anexo D. Matrices de calificación en el programa *Expert Choice*

Figura D1. Matriz global para la localización del nuevo CEDI

	Costos	Condición	Mercado	Mano de obra	Infraestructura	Infraestructura	Reglamentación	Servicios básicos
Costos		3.87298	1.1547	3.0	1.41421	1.0	3.4641	2.44949
Condiciones geográficas y sociales			3.0	1.73205	3.0	3.4641	1.41421	1.41421
Mercado				3.87298	2.44949	2.0	3.0	2.44949
Mano de obra					2.82843	1.22474	1.41421	1.41421
Infraestructura interna						2.44949	2.0	2.0
Infraestructura externa							2.44949	2.44949
Reglamentaciones fiscales y legales								1.41421
Servicios básicos	Incon: 0.02							

Figura D2. Matriz del criterio costos

	Costos de	Costos de	Costos de	Costo de tr	Costo de tr
Costos de instalación		4.24264	1.41421	3.87298	5.0
Costos de alquiler			4.47214	2.0	1.22474
Costos de mano de obra				2.44949	3.87298
Costo de transporte de entrada					2.44949
Costo de transporte de salida	Incon: 0.01				

Figura D3. Matriz del criterio condiciones geográficas y sociales

	Humedad	Temperatura	Riesgos naturales	Vivienda y alimentación	Seguridad del sector	Disponibilidad de transporte público
Humedad		2.44949	2.44949	1.22474	4.47214	3.4641
Temperatura			1.41421	1.0	3.4641	3.4641
Riesgos naturales				1.0	3.0	2.44949
Vivienda y alimentación					3.0	2.44949
Seguridad del sector						1.22474
Disponibilidad de transporte público	Incon: 0.02					

Figura D4. Matriz del criterio mercado

	Demanda del mercado	Dispersión del mercado
Demanda del mercado		1.0
Dispersión del mercado	Incon: 0.00	

Figura D5. Matriz del criterio mano de obra

	Disponibilidad de mano de obra	Especialización de mano de obra
Disponibilidad de mano de obra		3.0
Especialización de mano de obra	Incon: 0.00	

Figura D6. Matriz del criterio infraestructura interna

	Dimension	Facilidad p
<b>Dimensiones</b>		<b>1.22474</b>
<b>Facilidad para la implementación de mejoras tecnológicas</b>	<b>Incon: 0.00</b>	

Figura D7. Matriz del criterio infraestructura externa

	Rutas de a	Estado de	Cercanía a	Proximidad
<b>Rutas de acceso disponibles</b>		<b>1.0</b>	<b>3.0</b>	<b>1.0</b>
<b>Estado de las vías de acceso</b>			<b>2.44949</b>	<b>1.41421</b>
<b>Cercanía al puerto</b>				<b>1.41421</b>
<b>Proximidad a instalaciones de transporte</b>	<b>Incon: 0.04</b>			

Figura D8. Matriz del criterio reglamentaciones fiscales y legales

	Normativa	Seguros
<b>Normativa vigente</b>		<b>1.0</b>
<b>Seguros</b>	<b>Incon: 0.00</b>	

Figura D9. Matriz del criterio servicios básicos

	Abastecimient	Alcantarillad	Abastecimi
<b>Abastecimiento de energía</b>		<b>2.0</b>	<b>2.44949</b>
<b>Alcantarillado</b>			<b>1.0</b>
<b>Abastecimiento de agua</b>	<b>Incon: 0.00</b>		

Figura D10. Matriz de Costos/ Costos de instalación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Alternativa 1</b>		<b>2.44949</b>	<b>1.41421</b>
<b>Alternativa 2</b>			<b>2.44949</b>
<b>Alternativa 3</b>	<b>Incon: 0.01</b>		

Figura D11. Matriz de Costos/ Costos de alquiler

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>Alternativa 1</b>		<b>2.44949</b>	<b>2.44949</b>
<b>Alternativa 2</b>			<b>1.22474</b>
<b>Alternativa 3</b>	<b>Incon: 0.00</b>		

Figura D12. Matriz de Costos/ Costos de mano de obra

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	1.0
Alternativa 2			2.44949
Alternativa 3	Incon: 0.03		

Figura D13. Matriz de Costos / Costos de transporte de entrada

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	1.41421
Alternativa 2			1.22474
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D14. Matriz de Costos / Costos de transporte de salida

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.73205	2.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.17		

Figura D15. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Humedad

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.73205
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D16. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Temperatura

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	1.41421
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D17. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Riesgos naturales



	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.41421
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.01		

Figura D18. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Vivienda y alimentación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.41421
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D19. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Seguridad del sector

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	3.0
Alternativa 2			1.22474
Alternativa 3	Incon: 0.17		

Figura D20. Matriz de Condiciones geográficas y sociales / Disponibilidad de transporte público

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.22474
Alternativa 2			2.0
Alternativa 3	Incon: 0.09		

Figura D21. Matriz de Mercado / Demanda del mercado

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.73205
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D22. Matriz de Mercado / Dispersión del mercado

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		2.0	1.73205
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.03		

Figura D23. Matriz de Mano de obra / Disponibilidad de mano de obra

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D24. Matriz de Mano de obra / Especialización de mano de obra

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D25. Matriz de Infraestructura interna / Dimensiones

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		3.0	3.0
Alternativa 2			1.73205
Alternativa 3	Incon: 0.03		

Figura D26. Matriz de Infraestructura interna / Facilidad para la implementación de mejoras tecnológicas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		2.0	1.73205
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.03		

Figura D27. Matriz de Infraestructura externa / Rutas de acceso disponibles

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D28. Matriz de Infraestructura externa / Estado de las vías de acceso

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	1.41421
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.01		

Figura D29. Matriz de Infraestructura externa / Cercanía al puerto

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	3.4641
Alternativa 2			3.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D30. Matriz de Infraestructura externa / Proximidad a instalaciones de transporte

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.22474
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D31. Matriz de Reglamentaciones fiscales y legales / Normativa vigente

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa
Alternativa 1		1.0	1.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D32. Matriz de Reglamentaciones fiscales y legales / Seguros

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.0
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D33. Matriz de Servicios básicos / Abastecimiento de energía

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	3.0
Alternativa 2			3.4641
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D34. Matriz de Servicios básicos / Alcantarillado

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.0	1.41421
Alternativa 2			1.41421
Alternativa 3	Incon: 0.00		

Figura D35. Matriz de Servicios básicos / Abastecimiento de agua

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alternativa 1		1.41421	1.41421
Alternativa 2			1.0
Alternativa 3	Incon: 0.00		