

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Carrera de Ingeniería Industrial

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE  
DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA DE LUBRICANTES DE LA  
CIUDAD DE CAJAMARCA UTILIZANDO  
PROGRAMACIÓN LINEAL Y DINÁMICA”**

Tesis para optar el título profesional de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor:**

Jorge Luis Vasquez Burgos

**Asesor:**

Ing. Luis Roberto Quispe Vásquez

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, que me ha dado la oportunidad de estar nuevamente en las aulas persiguiendo un nuevo objetivo. A mi familia por su apoyo incondicional, por acompañarme en esta travesía y ser el motivo principal para salir adelante y poder alcanzar mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a mi familia por saber comprender los momentos complicados entre el estudio y ellos; y a todos los docentes y compañeros, los cuales me acompañaron en el recorrido de esta carrera hasta llegar a la meta.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN .....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.    Realidad problemática .....	9
1.2.    Formulación del problema.....	13
1.3.    Objetivos.....	13
1.3.1.    Objetivo general .....	13
1.3.2.    Objetivos específicos.....	14
1.4.    Hipótesis .....	14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	15
2.1.    Tipo de investigación .....	15
2.2.    Población y muestra .....	15
2.3.    Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	16
2.4.    Procedimiento.....	17
2.4.1.    Procedimiento para recoger datos .....	17
2.4.2.    Procedimiento para analizar datos.....	17
2.5.    Aspectos Éticos .....	18
2.6.    Matriz de operacionalización de variables: .....	20
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	21
3.1.    Análisis del proceso actual e identificación de problemas que afectan los tiempos de distribución .....	21
3.1.1.    Descripción General de la empresa: .....	21
3.1.1.1.    Objetivo.....	21
3.1.1.2.    Fortalezas .....	22
3.1.1.3.    Visión .....	22
3.1.1.4.    Misión .....	22
3.1.1.5.    Estructura organizativa en Cajamarca .....	22
3.1.2.    Diagnóstico de tiempos de la situación actual del proceso de distribución.....	23
3.1.2.1.    Proceso de distribución .....	23
3.1.2.2.    Preparación De Un Pedido .....	25

3.1.2.3. Recorrido y distancias de Cajamarca a Provincias.....	27
3.1.2.4. Resultados de las entrevistas .....	29
3.1.2.5. Identificación de causa de demora en la distribución de mercadería .....	31
3.2.    Diseño del modelo de distribución de mercaderías aplicando Programación Lineal y Dinámica .....	37
3.2.1.    Distribución de mercaderías aplicando Programación lineal .....	38
3.2.1.1. Aplicación de método Solver por Excel.....	40
3.2.1.2. Procedimiento de aplicación de solver .....	42
3.2.1.3. Reparto de cargas por almacén.....	46
3.2.1.4. Función objetivo.....	47
3.3.    Propuesta de solución- recorrido .....	48
3.3.1.    Ruta 1 .....	48
3.3.2.    Ruta 2 .....	53
3.3.3.    Ruta 3 .....	54
3.3.4.    Ruta 4 .....	55
3.4.    Evaluación de resultados de la propuesta de optimización de tiempos para el proceso de distribución de lubricantes en Cajamarca.....	61
3.5.    Viabilidad de la propuesta para la optimización de tiempos de distribución .....	64
3.5.1.    Evaluación económica del proceso de reparto sin optimización.....	64
3.5.2.    Evaluación económica del proceso luego de la optimización. ....	66
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	68
4.1.    Discusión .....	68
4.2.    Conclusiones.....	70
REFERENCIAS .....	71
ANEXOS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	16
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	20
Tabla 3: Muestreo de tiempos de preparación de pedido. ....	29
Tabla 4: Distancia desde Cajamarca hacia cada provincia.....	29
Tabla 5: Resultados del diagnostico y responsables de las causas de demoras.....	34
Tabla 6: Porcentaje de las causas de demoras en las entregas.....	36
Tabla 7: Distancias en Km entre provincias.....	39
Tabla 8: Programación de distribución desde Cajamarca .....	39
Tabla 9: Variables de decisión- Promedio de pedidos en litros .....	41
Tabla 10: Variables de decisión- Promedio de pedidos en kilos.....	41
Tabla 11: Restricciones por capacidad de vehículos.....	41
Tabla 12: Restricciones por cantidad en kilos a transportar a cada provincia.....	42
Tabla 13: Resultado de lugar de traslado de mercadería .....	47
Tabla 14: Distancias entre provincias a distribuir desde Chiclayo.....	48
Tabla 15: Etapa 5- Distribución Chiclayo .....	49
Tabla 16: Etapa 4- Distribución Chiclayo .....	49
Tabla 17: Etapa 3- Distribución Chiclayo .....	50
Tabla 18: Etapa 2- Distribución Chiclayo .....	50
Tabla 19: Etapa 1- Distribución Chiclayo .....	51
Tabla 20: Detalle de provincias a distribuir desde almacén Cajamarca.....	53
Tabla 21: Distancias entre provincias ruta 4 .....	56
Tabla 22: Etapa 4- Ruta 4.....	56
Tabla 23: Etapa 3- Ruta 4.....	57
Tabla 24: Etapa 2- Ruta 4.....	57
Tabla 25: Etapa 1- Ruta 4.....	58
Tabla 26: Comparación de tiempos antes y después de la optimización.....	62
Tabla 27: Comparación de variables antes y después de la optimización.....	65
Tabla 28: Costos de distribución desde Cajamarca a cada provincia.....	65
Tabla 29: Evaluación de Flujo semestral antes de la optimización.....	66
Tabla 30: Evaluación de Flujo semestral después de la optimización .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizativa de la empresa en Cajamarca.....	23
Figura 2: Proceso de Despacho. ....	24
Figura 3: Tiempo de preparación de un pedido.....	25
Figura 4: Recorridos de la mercadería hacia las provincias. ....	28
Figura 5: Diagrama de Ishikawa sobre demora en la distribución. ....	32
Figura 6: Diagrama de Pareto.....	33
Figura 7: Diagrama de Ishikawa- Responsabilidad del distribuidor .....	35
Figura 8: Diagrama de Pareto- Causas de las demoras en las entregas de pedidos.....	36
Figura 9: Suma de la capacidad de los transportes.....	43
Figura 10: Suma de la demanda promedio de todas las provincias.....	43
Figura 11: Suma de las cargas hacia cada provincia .....	44
Figura 12: Suma de las cargas salidas de cada almacén.....	44
Figura 13: Función objetivo .....	44
Figura 14: Aplicación de solver.....	45
Figura 15: Resultado de la aplicación de solver.....	46
Figura 16: Diagrama de nodos de ruta a seguir para distribución desde Chiclayo .....	52
Figura 17: Mapa Ruta 1(distribución desde almacén Chiclayo) .....	53
Figura 18: Mapa Ruta 2.....	54
Figura 19: Mapa Ruta 3 .....	55
Figura 20: Diagrama de nodos de Ruta 4 .....	59
Figura 21: Mapa Ruta 4.....	59
Figura 22: Diagrama de nodos de ruta a seguir para distribución desde Cajamarca.....	60
Figura 23: Mapa de rutas de distribución desde almacén Cajamarca.....	61
Figura 24: Mejora de tiempos después de la optimización .....	63

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar los tiempos de distribución de una empresa distribuidora de lubricantes hacia las provincias de Cajamarca, utilizando programación lineal y dinámica. En la actualidad existen muchos esfuerzos para mejorar la distribución de mercadería; a pesar de esto, el proceso no se encuentra muy desarrollado; habiéndose realizado diferentes esfuerzos para dar soluciones prácticas a las demoras y a la efectividad de despacho de mercadería, siguen existiendo deficiencias, especialmente en Cajamarca, donde se pudo observar de manera directa en las empresas de distribución de lubricantes, que existen muchos inconvenientes en las entregas a tiempo, pero se mantiene el malestar de los clientes, ocasionando en algunos casos el rechazo de los pedidos, ya sea, porque el cliente desistió o no se lo encontró en la dirección incurriendo en sobre costo por el retorno de mercadería. Para poder plantear una solución se aplicó Programación Lineal Dinámica. Después de evaluar las posibilidades se trazaron rutas de despacho desde dos almacenes, sugiriendo diferentes rutas de acuerdo a la geolocalización de cada provincia y al aplicar lo sugerido se pudo optimizar el proceso de despacho en cuanto a tiempos y mejorar la forma como se debería realizar los viajes de reparto, mejorando de esta manera el tiempo de distribución. Donde se pudo concluir que es posible reducir el tiempo de distribución de mercadería, con Programación lineal y dinámica, obteniendo también mejores ingresos a un muy bajo costo de inversión.

**Palabras clave:** Optimización de tiempos, Distribución de mercadería, Programación Lineal y Dinámica.



## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Muchas empresas no son conscientes de la importancia de la distribución de mercaderías, por lo tanto, no se dan cuenta que mejorando este proceso podrían mejorar la calidad de atención al cliente implementado metodologías de bajo costo para ordenar el proceso que a la vez mejora la cadena de valor de la empresa, llegando a tiempo con lo requerido y de esta manera lograr una buena imagen que puede terminar en ahorro de tiempo y dinero. Teniendo en cuenta que existen diferentes inconvenientes en los cuales no se puede intervenir: como el mal estado de las vías, la geografía de los lugares o las condiciones climáticas que pueden complicar el acceso de los vehículos a los lugares de destino, se debe buscar la manera de mejoras los tiempos, costos y riesgos por medio de la investigación de los sistemas logísticos de la operación (Cuadros, 2017).

En los últimos años, los mercados se han ido transformado de un modelo local a uno global y la demanda se ha cambiado de productos estandarizados a productos personalizados. En el mercado del siglo XXI, ocurre rápidamente esta globalización, donde es cada vez mayor el conocimiento de la demanda. Esto es posible, gracias a la modernización en progreso de los procesos de distribución. (García 2018). La distribución de mercaderías, se ha convertido paulatinamente en una parte estratégica de los modelos de negocios de las grandes empresas de éxito durante los últimos años; en este sentido, la distribución es una parte muy importante dentro de la cadena de suministros, pues, esta nos permite una mejor prestación de servicio al cliente. Esta gestión, permite ser competitivos en los mercados actuales, gracias a los resultados que se obtienen de hacer un mismo objetivo y la

implantación de mejores prácticas en sus diferentes áreas. (Salazar, Cavazos, & Martínez, 2012).

La variedad de factores que se pueden analizar y optimizar en procesos de transporte son muchos, según la necesidad; ello constituye otro ejemplo que, tal vez con el tiempo, tenga mucha más investigación es el transporte autónomo, por lo tanto, es importante seguir analizando los diferentes métodos que pueden evolucionar con el transporte (Abril, 2019). Con investigación de operaciones se puede intentar la modelación del transporte de carga con mejores posibilidades de lograr representaciones adecuadas. (Bermúdez, 2011). La limitación de estudios pasados de los modelos de transporte requiere que las empresas realicen una optimización en el corto plazo, y establecer el diseño de distribución mediante procesos logísticos que permitan mejorar el servicio desde los orígenes hasta los destinos (Ortega & Segovia, 2017). Por otra parte, la investigación de operaciones ayuda en la aplicación de modelos matemáticos que permiten resolver diferentes problemas y tomar mejores decisiones, es así como la programación lineal es una de las técnicas para emplear en el ámbito empresarial (Congo, 2020)

Además, se observa que tomando en cuenta un punto de partida se busca obtener la ruta más corta para llegar a todos los puntos de distribución. La programación dinámica se basa en el concepto del ahorro en una secuencia de nodos respecto a un punto fijo. Es decir, se tienen rutas diferentes y pueden ser combinadas formando una nueva ruta. (Rojas, Córdova, Reyes, & Tamariz, 2014). Para esto se asigna un valor numérico a cada camino, y se elige de manera que refleje una medida de rendimiento. (Favio, Frutos, Tohmé, & Méndez, 2018). Como una primera aproximación se considera una representación mediante

una red de nodos, en los que los nodos representan puntos de parada temporal definitiva. Y las líneas de la red representan el movimiento entre distintos puntos. (Fabio, 2016).

En el caso de estudio, se apunta a reducir tiempos de entrega desde el momento del pedido hasta la entrega, reduciendo en consecuencia costos y aumentando la productividad en ventas de lubricantes en toda la zona. Como se sabe, existen causas externas a la operación de la empresa, las cuales pueden causar demoras, como el mal clima, el mal estado de las pistas, accidentes, etc, que no serán motivo de estudio, pues de lo que se trata es de mejorar los tiempos de distribución ordenando este proceso.

(Osorio, 2016), en su tesis presentada para optar por el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa, denominada “Viajes En Una Empresa De Transportes”, concluye que su estudio de investigación desarrolló un modelo de programación lineal para un problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada, de acuerdo a los resultados obtenidos, el modelo propuesto permite optimizar la rentabilidad hasta un 11% en un periodo de una semana, esto a partir de una mejora en la calidad de los viajes programados.

Alvarado (2008), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, denominado: “Programación Lineal, Aplicación De Las Pequeñas Y Medianas Empresas”, nos menciona que: La programación lineal propone formas particulares de abordaje a problemas empresariales, aprovechando los actuales avances informáticos, ofreciendo gran ayuda a la hora de valorar futuras estrategias de desarrollo y mejora de una empresa, algunas ventajas que resultan de su aplicación son: Brinda un plan óptimo detallado para lograr el resultado (máximo o mínimo) óptimo. Permite evaluar costos de sustitución de las

actividades. Identifica costos de oportunidad interno de cada recurso o insumo limitante  
Define el rango dentro del cual se mantiene el costo de oportunidad de cada recurso.

Santiana (2011), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Eléctrico, denominado: “Despacho Optimo de Unidades De Centrales Hidroeléctricas de Uso Múltiple Utilizando Programación Dinámica”, nos menciona que: El método de programación dinámica, conlleva a la búsqueda de un resultado optimo, analizando caminos que podrían ser excluidos y que pueden ser determinados en función de las condiciones operativas

Cuadros (2017), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, denominado: “Diseño del Proceso del Sistema de Distribución de la Compañía Industrias Químicas La Granja LTDA., por Medio de la Gestión Logística, para Optimizar los tiempos de Entrega”, nos menciona que: A través del diagnóstico inicial se puede observar los problemas de la empresa, como, demoras en las entregas, falencias en el ruteo de vehículos y recorridos innecesarios, los cuales generan que se incurra en costos innecesarios; para solucionar estos inconvenientes se puede utilizar diferentes métodos, logrando por ejemplo: manejo de tiempos de entrega, la restricción de despachos fuera de un horario específico, lo cual asegura que los pedidos se entreguen a tiempo.

La presente investigación abarcara el tema de Distribución de mercaderías de una empresa dedicada a la distribución de Lubricantes, la cual cuenta con un almacén en Cajamarca, se presenta un problema que se origina dentro de la cadena de valor. Esta empresa realiza su distribución desde su almacén, hasta los puntos de venta que son sus clientes y se pueden dividir en dos partes: los clientes locales y los clientes de provincias que abarcan: Cutervo, Chota, Santa Cruz, Bambamarca, San Miguel, San Pablo, Chilete, San Marcos,

Cajabamba y Celendín; el problema se enfoca en la distribución de mercaderías hacia provincias, pues los pedidos demoran hasta quince días desde el momento en que se realiza el pedido, debiendo ser un tiempo prudencial para la entrega hasta de 72 horas, teniendo en cuenta que el pedido pasa al sistema de la empresa en el momento, por medio de una aplicación de pedidos y que el almacén se encuentra a cinco horas y media del lugar más lejano que es Cutervo pasando primero por Bambamarca a dos horas y media, y por Chota a 40 minutos más. La empresa cuenta con una unidad la cual realiza el reparto diario en Cajamarca, llevando la mercadería dirigida a provincias hasta las diferentes empresas de transportes de pasajeros después de varios días de realizado el pedido, sin darle la prioridad necesaria y sin ningún control ni seguimiento hasta que la mercadería sea entregada. Esto concluye en demoras excesivas, pues, en provincias como Celendín, Cajabamba, San Marcos normalmente demora una semana en llegar el pedido y en las demás provincias puede demorar hasta quince días en llegar el producto hasta el punto de venta. Además, cabe mencionar que la empresa cuenta con un almacén en Chiclayo, del cual se podría también distribuir hacia algunas de las provincias.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo se puede optimizar los tiempos de distribución de lubricantes en la ciudad de Cajamarca, utilizando Programación Lineal y Programación Dinámica?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Optimizar los tiempos de distribución de lubricantes a través de Programación Lineal y Dinámica, de una empresa distribuidora de Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Analizar el proceso de distribución actual de lubricantes identificando los problemas que afectan los tiempos de distribución en una empresa de Cajamarca.

Aplicar Programación Lineal y Dinámica, para diseñar un modelo de distribución de mercaderías efectivo en Cajamarca.

Evaluar los resultados de la propuesta de optimización de tiempos para el proceso de distribución de lubricantes en Cajamarca.

### **1.4. Hipótesis**

Los tiempos de distribución de una empresa distribuidora de lubricantes se optimizarán mediante la aplicación de Programación Lineal y Dinámica.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

El desarrollo de la investigación es del tipo mixta, pues es cualitativa y cuantitativa. Según Sandoval (1996), la investigación cualitativa es una familia de opciones metodológicas, que tiene algunos elementos en común, pero que simultáneamente muestra numerosas particularidades en su interior, por lo que depende de la perspectiva de cada individuo y donde se puede aplicar la entrevista con preguntas abiertas. Según Mousalli (2015), en la investigación cuantitativa el investigador, debe dejar a un lado la subjetividad y debe percibir la realidad tal y como se presenta, por ello debe construir instrumentos objetivos que les permita medir las variables en las cuales se ha descompuesto para analizar los datos.

Luego de conocer la situación actual del proceso de distribución, se realiza la investigación aplicada, con una propuesta de mejora, y de manera transversal, pues, todo el procedimiento para la obtención de resultados se realizó en un corto periodo de tiempo (Pereira, 2011).

El diseño es pre experimental, pues, los datos que se producen en estas situaciones son poco controladas, ante la imposibilidad de que se pueda desarrollar experimentos en situaciones de control absoluto de las variables y ante la escasa posibilidad de replicar los estudios en las mismas circunstancias. (Salas, 2013)

### **2.2. Población y muestra**

La población son los procesos de distribución de lubricantes para vehículos, desde el almacén de lubricantes de la empresa hasta los puntos de ventas en las provincias de la ciudad

de Cajamarca, donde adquieren al menos un formato de alguno de los productos que la empresa comercializa, siendo que se tiene que evaluar cada paso de este proceso la muestra es igual a la población. Si la población, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo (Arias, 2012).

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

**Tabla 1**

*Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos*

Técnica	Justificación	Instrumentos y Materiales	Aplicación
Observación no experimental	Esta información nos permitió saber la situación actual del proceso de distribución	Guía de observación	Se busco los problemas existentes en el proceso realizando una lista de cada punto a considerarse relevante.
Recopilación documental	Se solicito primeramente a la empresa reportes de la empresa.	Reportes de gestión	Se tomó en cuenta los informes estadísticos de la empresa sobre el proceso de distribución.
Entrevistas no estructuradas	Se realizó preguntas orientadas a obtener datos relevantes dirigidos hacia los objetivos específicos de la investigación.	Cuestionario y apuntes	Se realizó a través de un cuestionario para obtener la información oral de los entrevistados, donde respondieron a las preguntas realizadas.

Fuente: Elaboración propia.



## **2.4. Procedimiento**

### **2.4.1. Procedimiento para recoger datos**

- Observación: Se observó el proceso de reparto de lubricantes desde la salida del almacén, hasta la entrega de la mercadería, pudiendo observar la problemática en este proceso en las provincias de Cajamarca.
- Entrevistas: Se procedió a realizar las entrevistas a modo de conversación con respecto al tema con el repartidor, quien mencionó el proceso de reparto que se realiza normalmente, vendedor, quien mencionó los inconvenientes que pudo percibir en el proceso de reparto y algunos clientes, quienes principalmente informaron sobre los inconvenientes que tienen para recibir su mercadería con respecto a la problemática detectada.
- Revisión de documentos: Se revisó los reportes de indicadores de gestión de la empresa, pudiendo observar las cantidades de carga, pedidos, frecuencias de ventas, etc.

### **2.4.2. Procedimiento para analizar datos**

- Se identifica el problema en base a los acontecimientos en clientes que realizan compras de lubricantes dentro de la localidad.
- Se utiliza material bibliográfico, el cual dio mayor facilidad para dirigir correctamente la investigación, donde se pudo evaluar la calidad y precisión de la información y si el camino que se sigue es el correcto.

- Se examina las respuestas de cada cliente y la relación o parecido con la situación de cada uno, se seleccionó según relevancia y se descartó información ambigua y excepcional; esto se comparó con la literatura existente para ver qué pasos seguir o que opciones tomar.
- Se aplica Programación Lineal y Dinámica, con la ayuda de Solver y Excel, y se realiza una propuesta para la optimización de la distribución de lubricantes en las provincias de Cajamarca.

## 2.5. Aspectos Éticos

Con respecto al aspecto ético, se deja en claro que toda la información obtenida es de uso exclusivo académico y no se negociará o utilizará para fines comerciales en contra de la empresa. En todo momento se respeta la decisión de participación de los entrevistados, también se respetó su libertad de opinión y la decisión de no seguir con la entrevista en cualquier momento.

En todo momento el propietario colaboro con toda la cordialidad del caso, de la misma manera el personal de la empresa.

“Hay ciertas preocupaciones vitales que, sin ser científicas, delinean las actividades de los investigadores. Sucede así con la preocupación por la ética de la investigación, es decir, se trata de consideraciones de carácter moral que influyen en las decisiones tomadas durante el proceso de investigación”. (Mesía, 2007).

- **Confidencialidad.** La información obtenida no será revelada ni divulgada para otro fin que no sea la presente investigación.

- **Consentimiento informado.** Se solicito autorización al supervisor de la empresa, para la realización del estudio y lograr su participación de manera voluntaria.
- **Libre participación.** Se solicito la participación de los trabajadores y clientes sin presión alguna, haciéndoles saber de la importancia de la investigación.
- **Anónimo.** Se tomo la información y las entrevistas de manera confidencial desde el inicio de la investigación.

## 2.6. Matriz de operacionalización de variables:

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
PROGRAMACIÓN LINEAL	La programación lineal tiene como objetivo optimizar funciones lineales, de varias variables, con restricciones, también lineales. La optimización lineal estudia y resuelve problemas dados por modelos matemáticos deterministas de no negatividad de las variables. (Mora, 1997, pág. 2)	Función Objetivo	Optimización de tiempos
		Variables de decisión	Distancia de almacén a cada provincia
PROGRAMACIÓN DINÁMICA	La programación dinámica consiste en convertir un problema de n variables en una sucesión de problemas más simples. Se puede decir que un problema complejo se resuelve mediante el planteamiento de problemas más sencillos. Estos problemas se resuelven mediante el planteamiento de problemas aún más sencillos, hasta encontrar problemas de solución inmediata. Una vez resueltos estos problemas supersencillos se pasa a la solución de los problemas más complejos sucesivamente hasta calcular la solución del problema general. (Mora, 2001, pág. 279)		Restricciones
		Capacidad máxima de vehículo de transporte	
TIEMPOS DE DISTRIBUCIÓN	Es la medida, de la consecuencia, de la necesidad de transportar una diversidad de productos, desde los proveedores hasta el cliente final. (Cabrera, 2011, pág. 32)	Tiempo de cada paso del proceso	Duración del ciclo de distribución

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### **3.1. Análisis del proceso actual e identificación de problemas que afectan los tiempos de distribución**

#### **3.1.1. Descripción General de la empresa:**

La empresa se dedica a la Importación y venta al por mayor de Lubricantes de una marca conocida en Cajamarca. La empresa se constituyó en Trujillo en el año 2014, desde su origen distribuye lubricantes en la región Norte del país, teniendo cobertura en la zona norte del país, abarcando Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, La Libertad, Ancash, San Martín y Amazonas; consolidando desde sus inicios el firme objetivo de constituirse en una empresa modelo en el rubro de distribución.

Actualmente, cuenta con una cobertura a nivel norte superior a los 2000 clientes entre talleres, lubricentros, oleocentros, mayoristas, estaciones de servicios y diversas empresas del rubro automotriz, construcción, agrícolas entre otros, etc. Y un claro objetivo de abastecer con más de 2 millones de litros al parque automotor del país a nivel norte.

##### **3.1.1.1. Objetivo**

Abastecer con más de 2,6 millones de litros de lubricantes al parque automotor del norte del país, teniendo como base fortalecer día a día nuestros principios de mejora continua y calidad para generar valor a cada uno de nuestros clientes.

De esta manera busca consolidarse como una empresa líder en la distribución de lubricantes en el norte del país a base de esfuerzo y dedicación.

### **3.1.1.2. Fortalezas**

- Promociones Espectaculares
- Asesoramiento Personalizado
- Campañas de Marketing
- Atención Rápida
- Precios Competitivos
- Productos Importados

### **3.1.1.3. Visión**

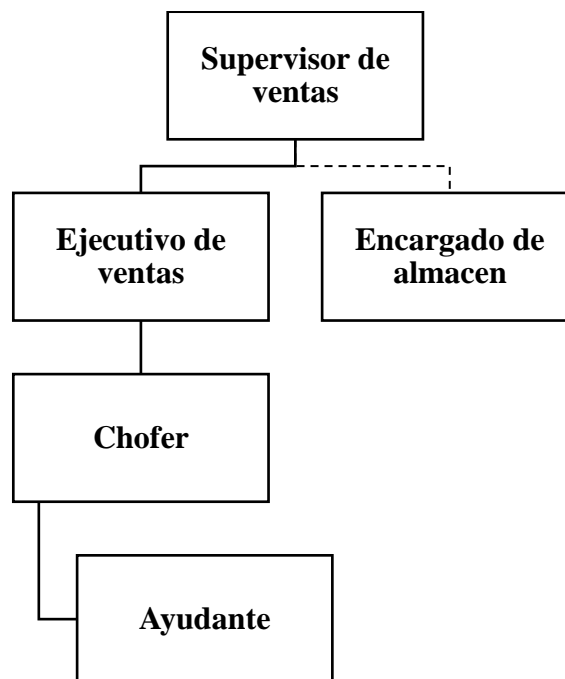
Consolidarnos como una empresa líder en la distribución de lubricantes en el norte del país a base de esfuerzo y dedicación, para así llegar a ser una empresa líder y de prestigio en la distribución a nivel nacional.

### **3.1.1.4. Misión**

Ser una Empresa distribuidora, comprometida con la mejor atención y profesionalismo hacia nuestros clientes, para así lograr abastecer con más de 2 millones de litros al parque automotor del país a nivel norte para el 2025.

### **3.1.1.5. Estructura organizativa en Cajamarca**

La estructura organizativa en Cajamarca es reducida y vertical, en esta área laboran 5 personas distribuidas de la siguiente manera:



**Figura 1.** Estructura Organizativa de la empresa en Cajamarca

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Diagnóstico de tiempos de la situación actual del proceso de distribución

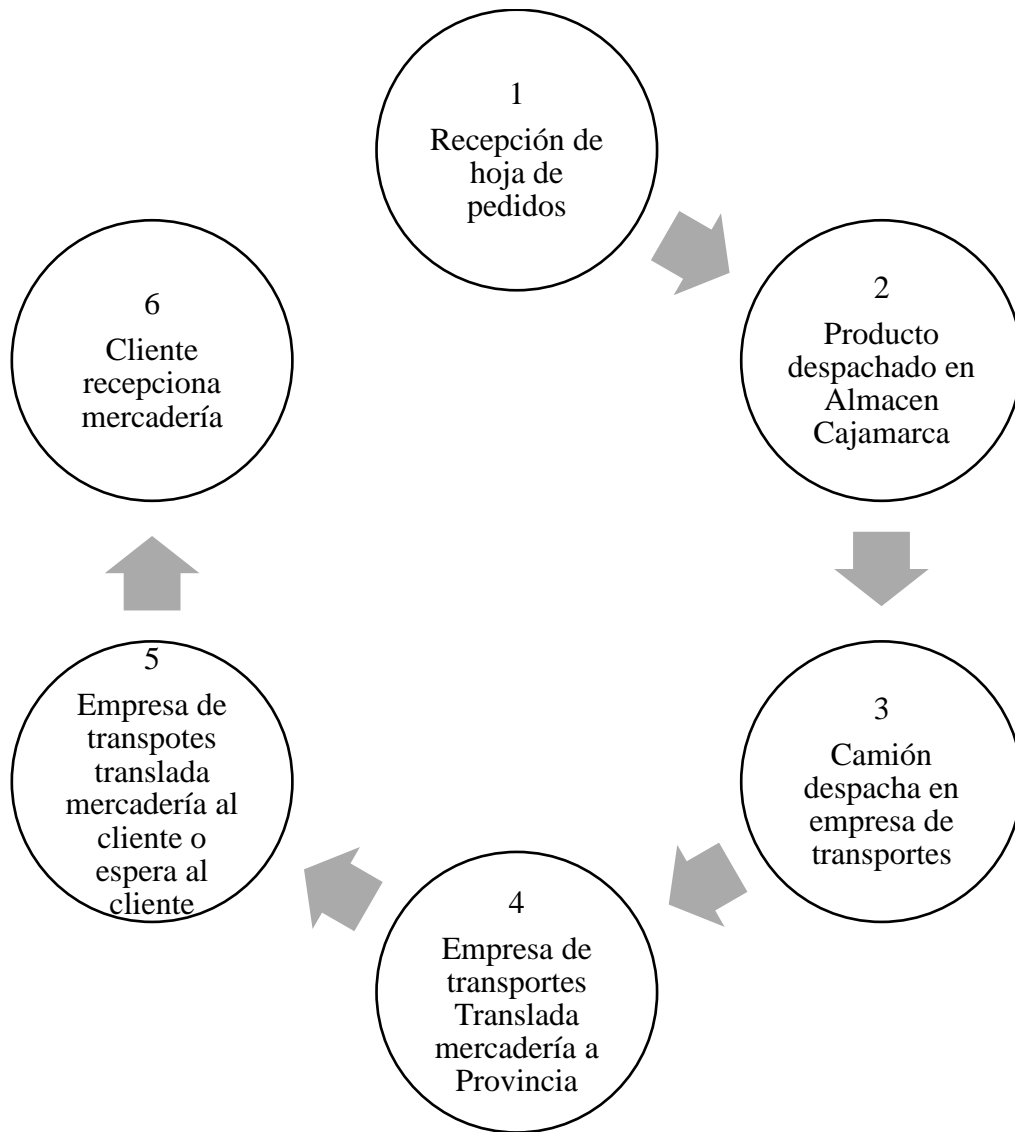
Para poder mejorar los tiempos de distribución de lubricantes a provincias en Cajamarca usando Programación Lineal y Dinámica, primero se debe observar este proceso e identificar donde existen deficiencias.

Existen diferentes motivos por los cuales el proceso de distribución puede dar como resultado largos tiempos de espera desde el momento que el cliente solicita un producto, hasta el momento que lo recibe.

#### 3.1.2.1. Proceso de distribución

Durante la observación se pudo determinar el proceso de distribución o reparto, el cual es como se muestra en la Figura 2, este inicia con el despacho del producto desde el almacén de Cajamarca, el cual es cargado en un transporte propio de la empresa para ser

llevado a la Empresa de transportes que el cliente haya solicitado, este lleva la mercadería hacia la provincia de destino y luego hasta el establecimiento que solicito la mercadería.



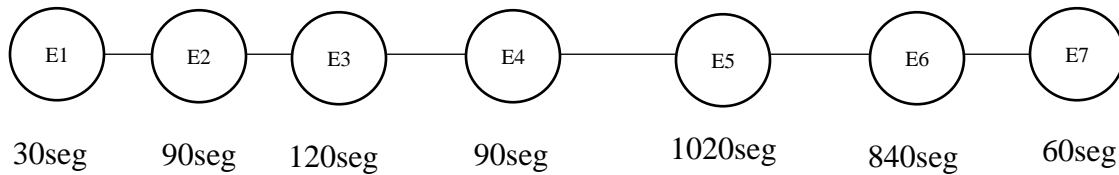
**Figura 2:** *Proceso de Despacho.*

Fuente: Elaboración propia.



### 3.1.2.2. Preparación De Un Pedido

Para poder identificar donde se origina la demora del reparto de mercadería en el proceso de distribución, se tiene que observar el paso a paso de la operación, habiéndose realizado el estudio de tiempos siguiente:



**Figura 3:** *Tiempo de preparación de un pedido.*

Fuente: Elaboración propia.

E1\_Llega la orden de pedido

E2\_Imprime Factura

E3\_Emite guía de transporte

E4\_Imprime guía

E5\_Prepara pedido

E6\_Carga mercadería

E7\_Sale a distribuir

El total de preparación de un pedido desde el momento llega la orden de pedido y se imprime la factura hasta que el camión sale de la empresa son 38 minutos en promedio.

Se realizo el muestreo de preparación de pedidos en una semana, para lo cual se tomó el tiempo a 15 pedidos y los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 3**

*Muestreo de tiempos de preparación de pedido.*

Muestra	Tiempo(min)
1	40
2	32
3	35
4	37
5	41
6	36
7	30
8	33
9	35
10	37
11	37
12	31
13	35
14	35
15	38

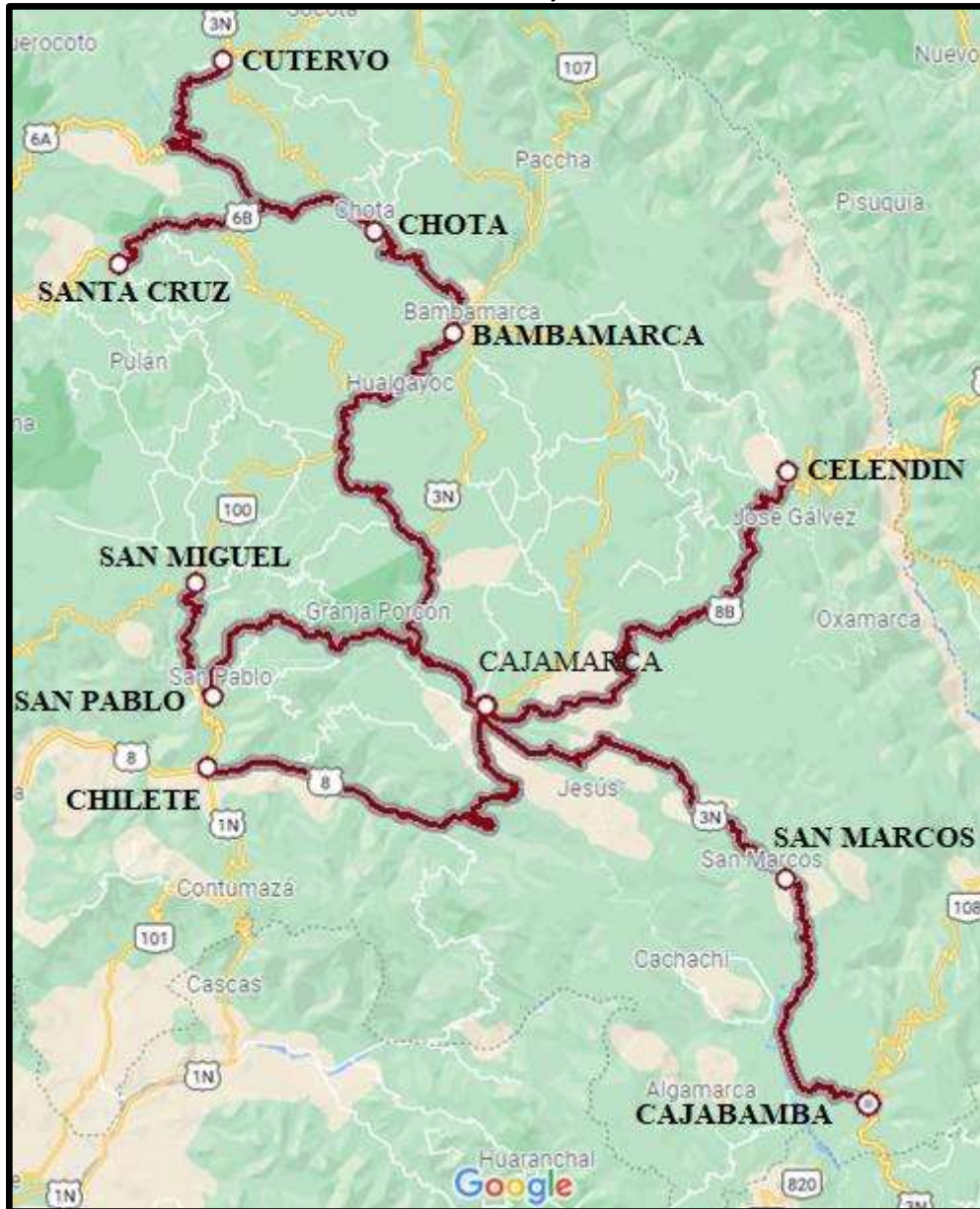
Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar la observación y verificar que el tiempo de distribución es relativamente corto dentro de almacén, se verifica que a partir de la salida del camión hasta la llegada del producto a los puntos de venta se extiende hasta 15 días, dependiendo del lugar a donde se dirige el reparto.

Observándose que este periodo ya no es de minutos ni horas, se tendrá que dirigir la mirada hacia esta parte de la operación.

### **3.1.2.3. Recorrido y distancias de Cajamarca a Provincias**

También se observó el recorrido que se realiza desde la ciudad de Cajamarca hasta cada una de las provincias, teniendo que pasar por algunas de ellas para llegar a otras e identificando hacia donde se encuentran como se muestra en la figura 3.



**Figura 4:** *Recorridos de la mercadería hacia las provincias.*

Fuente: Google Maps.

Además, se identificó las distancias desde Cajamarca hacia cada una de las provincias, la cantidad de pedidos que se despacha a cada lugar y por lo tanto el peso en Toneladas obteniendo los siguientes datos según la tabla 3.

**Tabla 4**

*Distancia desde Cajamarca hacia cada provincia*

<b>Punto de Partida</b>	<b>Punto de Llegada</b>	<b>Distancia Km</b>	<b>Litros mensuales</b>	<b>Toneladas</b>
Cajamarca	San Miguel	105	600	504.02
Cajamarca	Chilete	87.9	300	252.01
Cajamarca	San Pablo	69.6	200	168.01
Cajamarca	Bambamarca	112	2000	1680.07
Cajamarca	Santa Cruz	204	700	588.02
Cajamarca	Chota	145	3500	2940.11
Cajamarca	Cutervo	209	2100	1764.07
Cajamarca	San Marcos	70.9	500	420.02
Cajamarca	Cajabamba	129	1800	1512.06
Cajamarca	Celendín	104	1000	840.03

Fuente: Empresa distribuidora.

#### **3.1.2.4. Resultados de las entrevistas**

En la entrevista realizada al supervisor de la empresa se logró obtener la apreciación actual del proceso según sus respuestas se obtuvo que:

- El reparto de mercaderías lo realizan de dos maneras diferenciadas: Para la zona local realizan la distribución con movilidad propia y para envíos a provincia es a través de empresas de transportes según el destino.
- El supervisor de la empresa cree que el sistema que aplican actualmente es adecuado a pesar de tener inconvenientes con los envíos a provincia, además opina que si ellos mismos pudieran enviar a alguien de la empresa sería más efectivo,

pues cuando existen retraso de entrega, los clientes los culpan a ellos por la demora, pudiendo ser responsabilidad de la empresa de transportes.

- Cuando existen demoras no programadas, el vendedor tiene que coordinar con el cliente y hacerle saber que hubo un imprevisto y que lo solucionara lo antes posible, no teniendo un plan de contingencia para estos imprevistos. Estas demoras pueden causar perdidas de ventas y de clientes, por lo tanto, pérdidas económicas.
- El Supervisor opina que la estrategia de distribución actual funciona, aunque no es lo mejor y la mayoría de empresas trabajan de la misma manera.

En la entrevista realizada al Ejecutivo de ventas, además, se logró obtener otros resultados:

- Se pierde ventas por demoras, desde una semana hasta quince días, en la distribución de pedidos a los clientes de provincias, pues esto hace que los clientes pidan menos.
- El problema en los tiempos de entrega es constante, esto viene sucediendo todo el tiempo, los clientes muchas veces se quedan desabastecidos.
- Se envía pedidos a los clientes de provincias de Cutervo, Chota, Santa Cruz, Bambamarca, San Miguel, San Pablo y Chilete una sola vez al mes; y a San Marcos, Cajabamba y Celendín dos veces al mes.

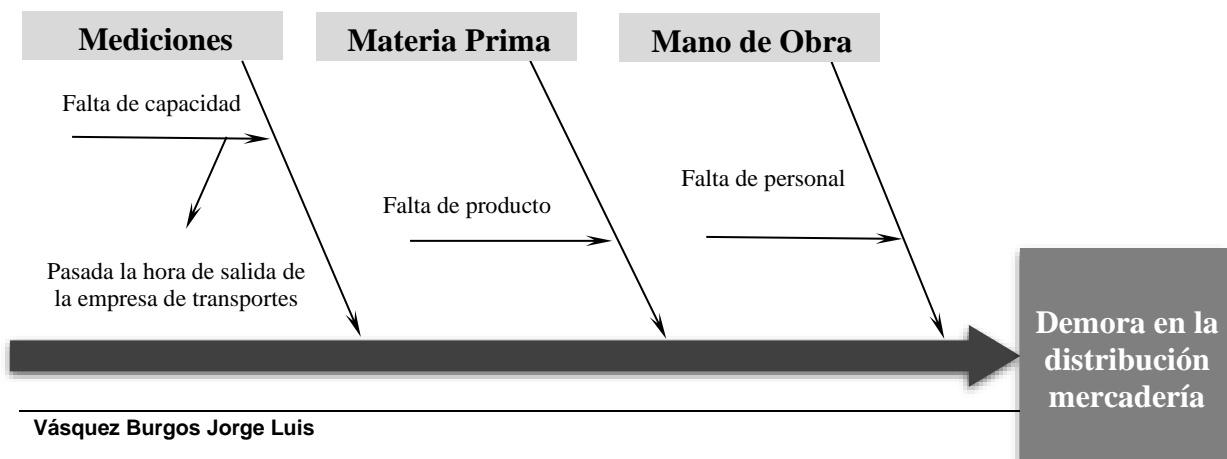
En las entrevistas realizadas a los clientes de provincias, también se pudo obtener la siguiente información:

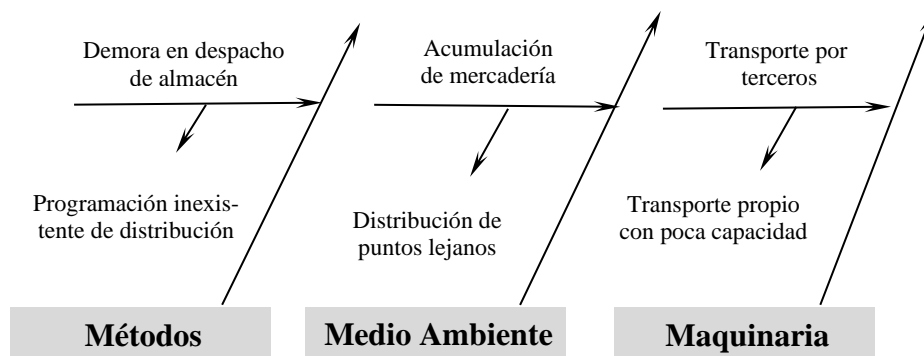
- Los pedidos demoran mucho en llegar, hasta 15 días, por lo tanto, esto genera perdida de ventas en sus establecimientos.

- Muchas veces tienen que ir a recoger los pedidos en las agencias de transportes, teniendo que dejar sus locales para esta labor.

### 3.1.2.5. Identificación de causa de demora en la distribución de mercadería

Como se puede observar en el diagrama de Ishikawa en la figura 4, podrían existir diversos problemas que ocasionan demora en la distribución de mercaderías.





**Figura 5:** Diagrama de Ishikawa sobre demora en la distribución.

Fuente: Elaboración propia.

**Mediciones:** Existen problemas en la capacidad que existe en el vehículo disponible en la sede Cajamarca, el cual es de 1 tonelada. Además, no se toma en cuenta la hora de partida de los vehículos que llevaran la mercadería a cada provincia.

**Materia prima:** Se observa también que muchas veces falta producto en almacén y se tiene que esperar el abastecimiento.

**Mano de obra:** Existen solo una persona encargada de la distribución de los lubricantes; el chofer con ayuda del almacenero carga el camión y este parte solo al reparto de la mercadería.

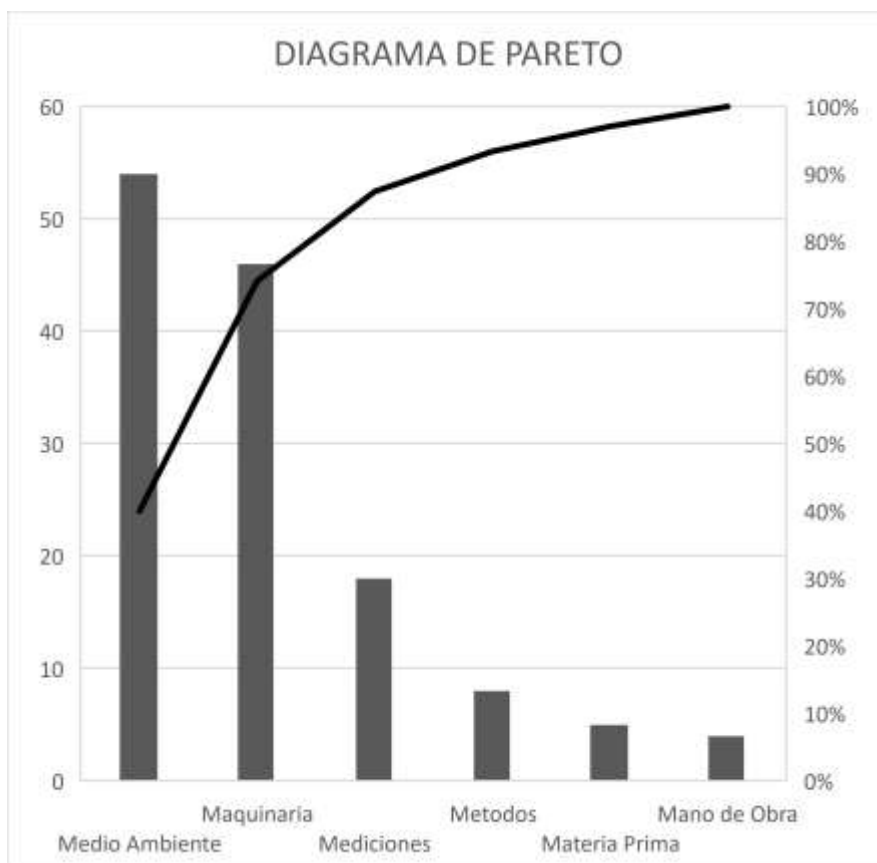
**Métodos:** El almacenero no alista los productos a despacharse una vez recibido los pedidos, sino que espera al chofer para alistarlos y cargarlos. Para la distribución, no existe un orden de entrega, ni se traza una ruta.

**Medio Ambiente:** Al no despachar continuamente o de manera programada, muchas veces se acumula la mercadería para distribución. Y teniendo en cuenta que los clientes de provincia son lejanos esto causa que se dilate más de lo necesario la entrega.



Maquinaria: Los productos son llevados a empresas de transporte no especializadas en reparto de mercaderías, por lo tanto, si no hay disponibilidad, no se lleva de inmediato. El transporte de la empresa tiene poca capacidad para reparto en algunas provincias.

Habiendo obtenido las posibles causas de demora en la distribución de mercaderías, se debe identificar cuáles de ellas son las que nos ocasionan en mayor cantidad de veces este inconveniente, para lo cual se realiza un diagrama de Pareto, el cual se ves en la figura 5, que nos muestra que la mayor incidencia para este problema es causado por acumulación de pedidos o puntos lejanos (40%), seguido por falta de transporte o transporte con poca capacidad (34%) luego por exceso de carga (18%) y finalmente otras causas (13%)



**Figura 6:** *Diagrama de Pareto*

Fuente: Elaboración propia

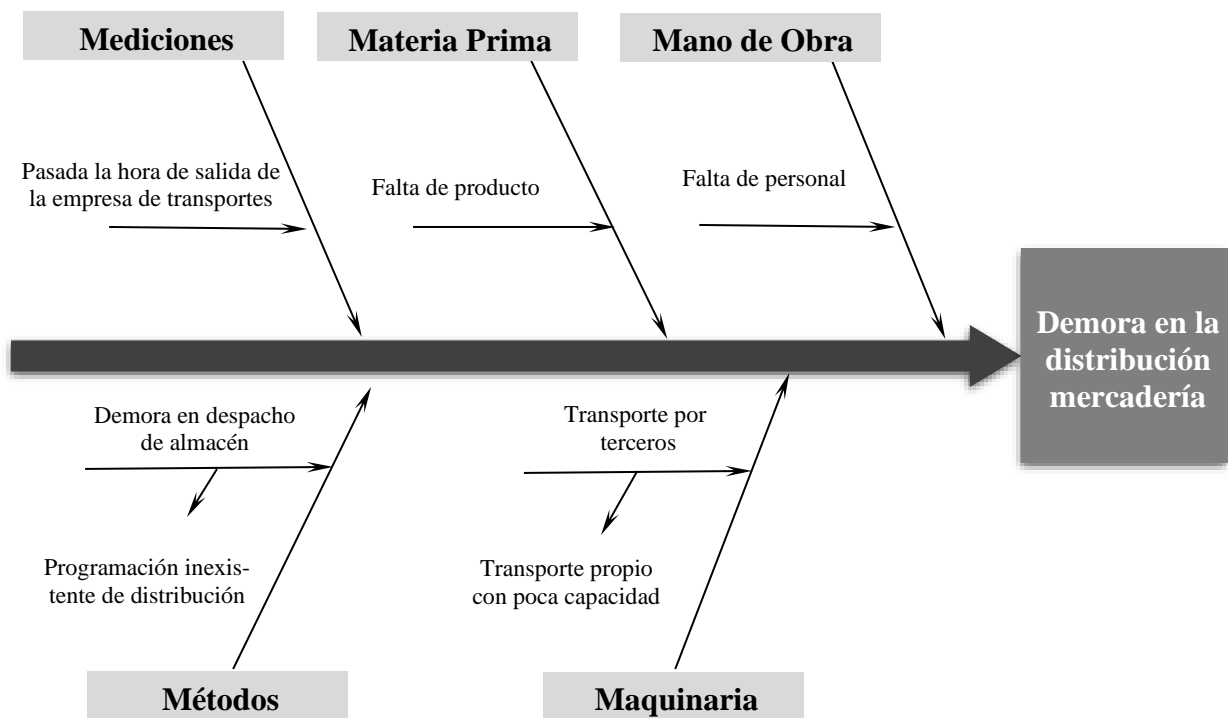
Después de haber obtenido las posibles causas de las demoras en la distribución, se obtiene que la responsabilidad de la demora en la distribución de pedidos se divide entre la empresa distribuidora y las empresas de transportes a través de las cuales se envía la mercadería a provincias, por lo tanto, se debe separar la labor directa de la empresa y del transporte (Tabla 4), realizando el diagrama de Ishikawa para la empresa distribuidora de lubricantes (Figura 6) y un nuevo diagrama de Pareto separando específicamente la causa de las demoras (Figura 8).

**Tabla 5**

*Resultados del Diagnóstico y responsables de las causas de demoras*

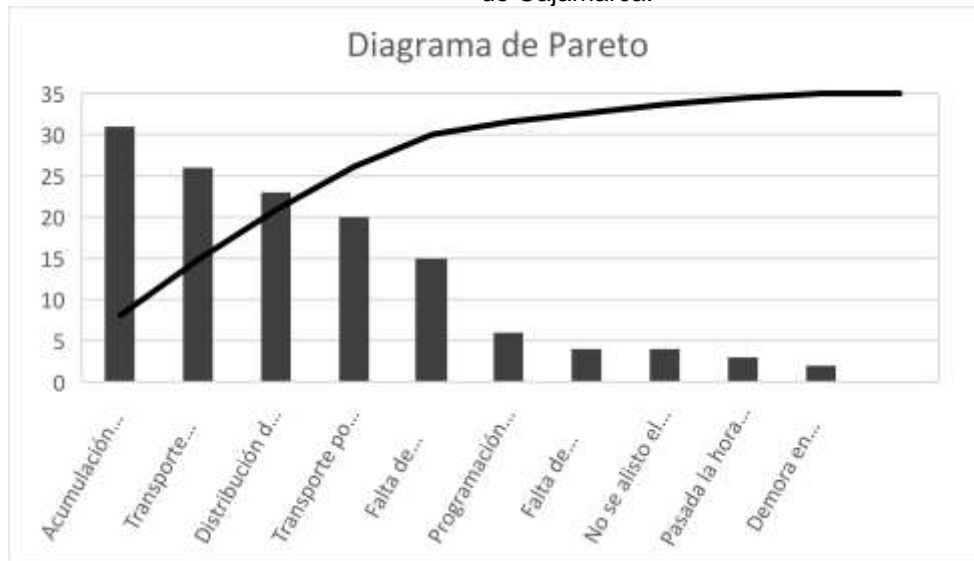
<b>Responsable</b>	<b>Causas</b>	
Empresa Dis- tribuidora	Mediciones	Pasada la hora de salida de la empresa de transportes
	Materia Prima	Falta de producto
	Mano de Obra	No se alisto el pedido a tiempo
	Métodos	Demora en despacho de almacén
		Programación inexistente de distribución
	Maquinaria	Transporte por terceros
Transporte propio con poca capacidad		
Empresas de transporte	Mediciones	Falta de capacidad
	Métodos	Programación inexistente de distribución
	Medio Ambiente	Acumulación de mercadería
		Distribución de puntos lejanos
Maquinaria	Transporte por terceros	

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 7:** Diagrama de Ishikawa- Responsabilidad del distribuidor

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8:** *Diagrama de Pareto- Causas de las demoras en las entregas de pedidos*

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar las causas de demoras en la distribución de mercaderías a clientes de provincias, se puede identificar cuáles son las que principalmente ocasionan el problema. Se observa en la tabla 5 los resultados obtenidos, que muestra la acumulación de mercadería, la distancia de distribución, el depender de terceros, la falta de capacidad de las empresas de transportes y la falta de programación de distribución ocasiona el 70% de las demoras siendo responsables las empresas de transportes con responsabilidad compartida con la empresa distribuidora, mientras el tener un transporte propio con poca capacidad ocasiona el 19% de las demoras y otros motivos el 11% de estas, siendo responsabilidad exclusiva de la empresa distribuidora.

**Tabla 6**

*Porcentaje de las causas de demoras en las entregas*

Causas de la demora	%
Acumulación de mercadería	23%
Transporte propio con poca capacidad	19%
Distribución de puntos lejanos	17%

Transporte por terceros	15%
Falta de capacidad de la empresa de transportes	11%
Programación inexistente de distribución	4%
Falta de producto	3%
No se alisto el pedido a tiempo	3%
Pasada la hora de salida de la empresa de transportes	2%
Demora en despacho de almacén	2%

---

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior existen diferentes causas que originan la demora de la entrega de mercaderías a los clientes, así que se tomó las de mayor incidencia, para dar solución y optimizar este proceso; además se tendrá en cuenta las distancias a cada provincia desde almacén Cajamarca y Chiclayo, las distancia entre cada una de las provincias, la capacidad máxima de cada vehículo, la cantidad de mercadería a transportar a cada provincia y la cantidad de veces que va mercadería a cada provincia.

### **3.2. Diseño del modelo de distribución de mercaderías aplicando Programación Lineal y Dinámica**

Para realizar el ruteo del vehículo encargado de la distribución, se tendrá que analizar el tiempo de trasladarse a cada una de las ciudades y los tiempos de trasladarse entre ellas, teniendo en cuenta que la mercadería sale de un solo punto es decir de la provincia de Cajamarca y en las demás provincias se realizará la entrega de los pedidos en una sola oportunidad, sin opción a regresar.

La empresa cuenta con una sola movilidad de 1 tonelada en la sede Cajamarca, y existe la posibilidad de utilizar la movilidad del almacén Chiclayo de 7 toneladas, además, evidencia que no todos los días factura, es decir no todos los días tienen pedidos por

despachar y esperan que se consolide la carga, esto quiere decir que no todos los días hay despacho pues muchas veces se tiene que esperar para que se acumule.

Según (Ballou, 2004), distribución de mercaderías forma parte de un sistema más grande, teniendo en cuenta que todo esto forma parte de una gran logística dentro de las empresas, la distribución abarca desde el momento en que estas inician el proceso de distribución hasta llegar al cliente que solicita.

La atención al cliente se estudió desde el punto de vista de que a pesar de que los servicios internos de la empresa funcionen perfectamente, las personas que prestan el servicio pueden seguir recibiendo una mala puntuación por su ineficiencia o según el tema en estudio por la demora en la distribución, si el cliente cree que su experiencia no fue buena, no querrá volver a ser atendido por esta empresa y buscare nuevas alternativas. ( Brown, 1992)

Sainz (2001) afirma que la distribución comercial ha sido una de las materias menos conocidas y estudiadas, tanto desde el punto teórico, como practico; en la actualidad se está prestando más atención a esta área en específico, pues de esta depende gran porcentaje del éxito de las relaciones comerciales.

### **3.2.1. Distribución de mercaderías aplicando Programación lineal**

Según la observación realizada se pudo identificar que existen diferentes deficiencias en el proceso de reparto, para lo cual se sugiere algunas alternativas de solución:

Teniendo en cuenta que se cuenta con una unidad de 1 tonelada en Cajamarca y otra de 7 toneladas en Chiclayo, se evaluara, según las distancias, la capacidad y la cantidad de mercadería a transportar y trazando una ruta se puede realizar el reparto desde Chiclayo a los lugares que antes no hay que pasar por Cajamarca, los cuales son: Chota, Cutervo, Santa Cruz, Bambamarca, San Miguel y San Pablo; la cantidad promedio de mercadería a

transportar a cada lugar es de 3.5 tn, 2.1 tn, 0.7 tn, 2.0 tn, 0.6 tn y 0.2 tn al mes, y también se debe tener en cuenta que el vendedor visita estos lugares una vez al mes.

**Tabla 7**

*Distancias en Km entre provincias*

	Cutervo	Chota	Bambamarca	Santa Cruz	San Miguel	San Pablo
Cajamarca	209.0 Km	145.0 Km	112.0 Km	204.0 Km	105.0 Km	69.6 Km
Chiclayo	215.0 Km	219.0 Km	254.0 Km	145.0 Km	300.0 Km	321.0 Km

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 7 todos los despachos se realizan desde Cajamarca, si se usase solo el camión de esta sede el despacho quedaría como se muestra y el camión no tiene la capacidad para realizar este trabajo en un solo viaje, pues tendría que realizar hasta nueve viajes con carga al tope.

**Tabla 8**

*Programación de distribución desde Cajamarca*

	Cutervo	Chota	Bambamarca	Santa Cruz	San Miguel	San Pablo	Oferta Its	Total
Cajamarca	209	145	112	204	105	69.6	1190.43	9100.00
	2100	3500	2000	700	600	200		
Chiclayo	215	219	254	145	300	321	8333.28	0.00
demanda	2100	3500	2000	700	600	200	9523.71	9100.00

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza la operación siguiente para obtener el costo de transporte de los viajes realizados a cada provincia, teniendo en cuenta que a cada una de ellas van diferentes vehículos, se tomara el promedio de peso a cada provincia en toneladas y se multiplica por la distancia recorrida desde el almacén de Cajamarca, asignando el costo de 1 por tonelada.

Distancia total:

$$Z = (\text{Cajamarca} * \text{Cutervo}) + (\text{Cajamarca} * \text{Chota}) + (\text{Cajamarca} * \text{Bambamarca}) + (\text{Cajamarca} * \text{Santa Cruz}) + (\text{Cajamarca} * \text{San Miguel}) + (\text{Cajamarca} * \text{San Pablo})$$

$$Z = (2.1 * 209) + (3.5 * 145) + (2 * 112) + (0.7 * 204) + (0.6 * 105) + (0.2 * 69.6)$$

$$Z = 348.9 + 507.5 + 224 + 142.8 + 63 + 13.98$$

$$Z = 1300.18$$

Teniendo en cuenta que el camión de Cajamarca es de 1 tonelada, tendría que realizar un mínimo de 9 viajes, por lo tanto:

$$1300.18 * 9 = 11701.62$$

Para obtener la función objetivo, se tendrá que minimizar, teniendo en cuenta las restricciones, con respecto a la capacidad de los vehículos de reparto, la mercadería a transportarse no puede exceder de esta y con respecto a la cantidad de mercadería destinada a cada provincia, esta no debe ser menor al promedio.

### **3.2.1.1. Aplicación de método Solver por Excel**

Utilizando Solver se aplica el método de minimizar, para eso primero se tiene que identificar las variables de decisión, las cuales se identifican como la cantidad de litros en promedio que compran en cada provincia.



**Tabla 9**

*Variables de decisión- Promedio de pedidos en litros*

<b>Variables de decisión</b>						
Cutervo	Chota	Bambamarca	Santa Cruz	San Miguel	San Pablo	
2100	3500	2000	700	600	200	

Fuente: Elaboración propia.

Ya que la operación se realizará en peso, teniendo en cuenta la capacidad de los vehículos, se tomará las medidas de las variables en Kg.

**Tabla 10**

*Variables de decisión- Promedio de pedidos en kilos*

<b>Variables de decisión</b>						
Cutervo	Chota	Bambamarca	Santa Cruz	San Miguel	San Pablo	
1764.07	2940.11	1680.07	588.02	504.02	168.01	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificados las variables de decisión, se pasa a identificar las restricciones, que este caso es: que la suma de las cargas no puede exceder la capacidad de los camiones de transporte.

**Tabla 11**

*Restricciones por capacidad de vehículos*

<b>Restricciones de capacidad</b>

(Cajamarca\* San Miguel) + (Cajamarca\* San Pablo) + (Cajamarca\* Cutervo) + (Cajamarca\* Chota) + (Cajamarca\* Bambamarca) + (Cajamarca\* Santa Cruz)  $\leq 1000.00$

---

(Chiclayo\* San Miguel) + (Chiclayo\* San Pablo) + (Chiclayo\* Cutervo) + (Chiclayo\* Chota) + (Chiclayo\* Bambamarca) + (Chiclayo\* Santa Cruz)  $\leq 8000.00$

---

Fuente: Elaboración propia.

Además, se tiene la restricción de la demanda promedio para cada provincia, la cual debe ser igual o mayor a las cantidades programadas.

**Tabla 12**

*Restricciones por cantidad en kilos a transportar a cada provincia*

<b>Restricciones de promedio</b>	
<b>de pedidos (Kg)</b>	
Cutervo	1764.07
Chota	2940.11
Bambamarca	1680.07
Santa Cruz	588.02
San Miguel	504.02
San Pablo	168.01

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1.2. Procedimiento de aplicación de solver



CANTIDADES	CUTERVO	CHOTA
CAJAMARCA		
CHICLAYO		
SUMA	=SUMA(D7:D8)	
	SUMA(número1; [número2]; ..	
MANDA	1764.07	2940.1
TOTAL	7644.30	

**Figura 11:** Suma de las cargas hacia cada provincia

Fuente: Elaboración propia

Se aplica sumatoria de las cargas a cada provincia, pues, en el caso de distribuir mercadería de ambos almacenes, la suma no podrá ser menor a la demanda de cada una.

CANTIDADES	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO	SUMA	RECURSOS	TOTAL
CAJAMARCA							=SUMA(D7:I7)		
CHICLAYO							SUMA(número1; [número2]; ..		
SUMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

**Figura 12:** Suma de las cargas salidas de cada almacén

Fuente: Elaboración propia

Se suma las cargas que saldrán de cada almacén, pues estas no podrán exceder la capacidad máxima de cada vehículo.

DISTANCIAS	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO
CAJAMARCA	209	145	112	204	105	69.6
CHICLAYO	215	219	254	145	300	321

CANTIDADES	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO	SUMA	RECURSOS	TOTAL
CAJAMARCA							0.00	<= 1000	9000
CHICLAYO							0.00	<= 8000	
SUMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

DEMANDA	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO
	>= 1764.07	>= 2940.11	>= 1680.07	>= 588.02	>= 504.02	>= 168.01

TOTAL	7644.30
-------	---------

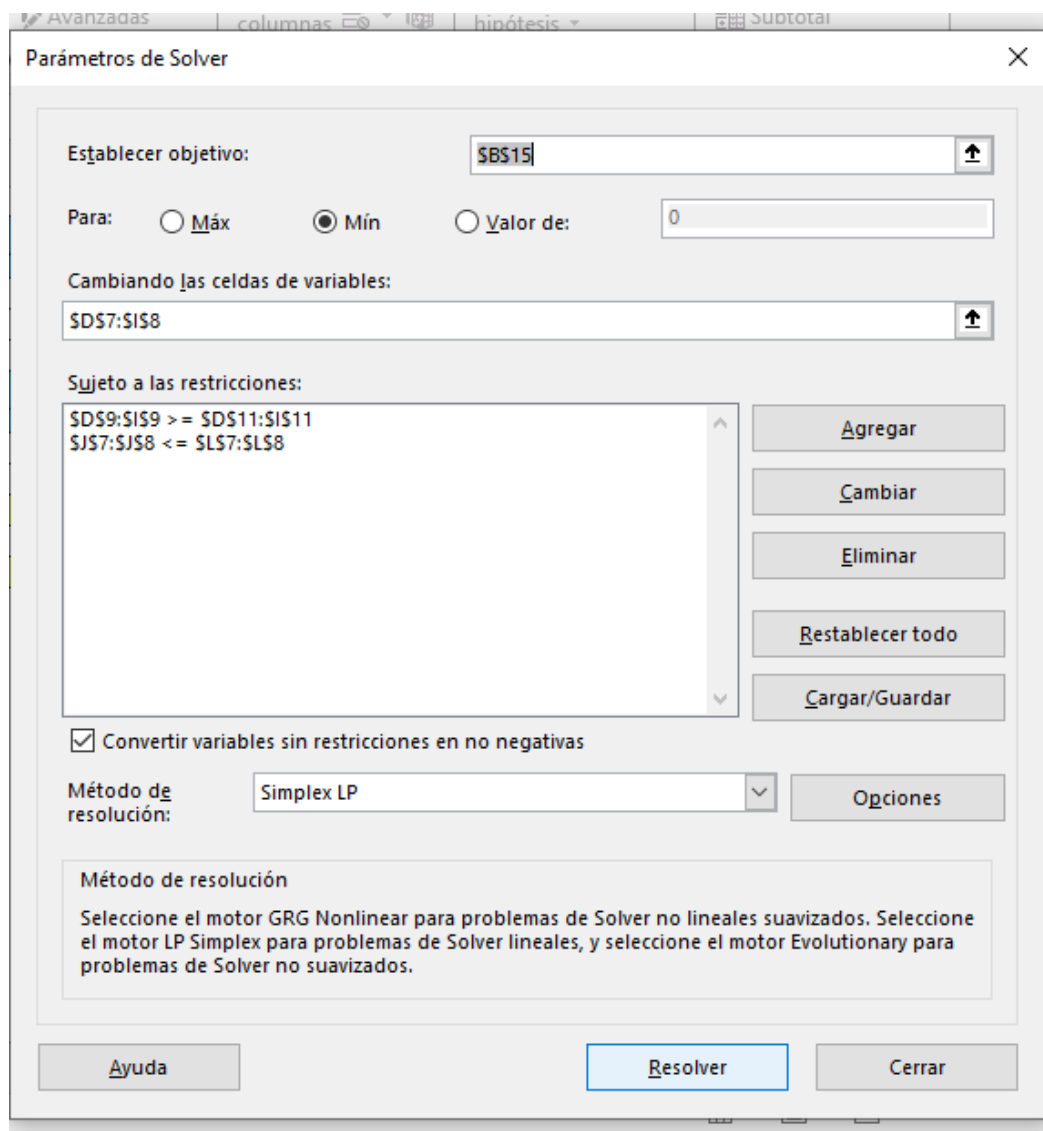
FUNCION OBJETIVO
=SUMAPRODUCTO(D3:D4;D7:I8)

**Figura 13:** Función objetivo

Fuente: Elaboración propia

Para la función objetivo se aplica sumaproducto de las distancias de cada almacén hacia cada provincia por las cantidades a transportarse a cada lugar, de esta manera se obtiene

un valor para la función objetivo, para lo cual se multiplica la distancia de cada almacén a cada una de las provincias por la cantidad de pedidos en toneladas y estas a su vez se suman, para esto se utiliza la siguiente formula: =SUMAPRODUCTO(C3:H4\*C9:H10)



**Figura 14:** Aplicación de solver

Fuente: Elaboración propia

Para resolver se aplica solver, para ello se establece el objetivo en el cuadro de función objetivo, se selecciona minimizar, se selecciona las celdas donde saldrán los resultados y se coloca las restricciones; finalmente luego de resolver se obtiene el resultado.

DISTANCIAS	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO			
CAJAMARCA	209	145	112	204	105	69.6			
CHICLAYO	215	219	254	145	300	321			

CANTIDADES	CUTERVO	CHOTA	BAMBAMARCA	SANTA CRUZ	SAN MIGUEL	SAN PABLO	SUMA	RECURSOS	TOTAL
CAJAMARCA	0.00	0.00	327.97	0.00	504.02	168.01	1900.09	1000	9000
CHICLAYO	1764.07	2940.11	1352.09	588.02	0.00	0.00	6644.30	8000	
SUMA	1764.07	2940.11	1680.07	588.02	504.02	168.01			
	>=	>=	>=	>=	>=	>=			
DEMANDA	1764.07	2940.11	1680.07	588.02	504.02	168.01			
TOTAL	7644.30								
FUNCION OBJETIVO	1553202.574								

**Figura 15:** Resultado de la aplicación de solver

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, se obtiene la función objetivo de 15532.02, y para esto se debe dividir las cargas de la siguiente manera:

- Almacén Cajamarca: Bambamarca (327.97 kg), San Miguel (504.02 Kg) y San Pablo (168.01).
- Almacén Chiclayo: Cutervo (1764.07 kg), Chota (2940.11 kg), Bambamarca (1352.09 kg) y Santa Cruz (588.02 kg)

### 3.2.1.3. Reparto de cargas por almacén:

Teniendo en cuenta que el camión de Chiclayo ira a Bambamarca y aún tiene capacidad, se le asigna la totalidad de esa provincia, pues, teniendo en cuenta que la distancia de la provincia más cercana es Chota y que se encuentra a 35.5 Km ya no es necesario enviar desde almacén Cajamarca, quedando de la siguiente manera:

- Almacén Cajamarca: San Miguel (504.02 Kg) y San Pablo (168.01).
- Almacén Chiclayo: Cutervo (1764.07 kg), Chota (2940.11 kg), Bambamarca (1680.047 kg) y Santa Cruz (588.02 kg)

**Tabla 13**

*Resultado de lugar de traslado de mercadería*

	Cutervo	Chota	Bambamarca	Santa Cruz	San Miguel	San Pablo	Oferta Its	Total
Cajamarca	209	145	112	204	105	69.6	1000.00	672.07
					504.02	168.01		
Chiclayo	215	219	254	145	300	321	8000.00	6972.27
	1764.07	2940.11	1680.07	588.02				
demanda	1764.07	2940.11	1680.07	588.02	504.02	168.01	9000.00	7644.30

Fuente: Elaboración propia.

**3.2.1.4. Función objetivo:** Valor total de la asignación de cargas:

$$Z = (\text{Cajamarca} * \text{San Miguel}) + (\text{Cajamarca} * \text{San Pablo}) + (\text{Chiclayo} * \text{Cutervo}) + (\text{Chiclayo} * \text{Chota}) + (\text{Chiclayo} * \text{Bambamarca}) + (\text{Chiclayo} * \text{Santa Cruz})$$

$$Z = (504.02 * 0.105) + (168.01 * 0.0696) + (1764.07 * 0.215) + (2940.11 * 0.219) + (1680.07 * 0.254) + (588.02 * 0.145)$$

$$Z = 52.92 + 11.69 + 379.28 + 643.88 + 426.74 + 85.26$$

$$Z = 1599.77$$

**Función Objetivo**

$$Z = 1599.77$$

Para desarrollar este problema de transporte se calcula mediante contabilidad de costos asignando valores unitarios de envío desde cada una de los almacenes a cada uno de los centros de las provincias, además de la demanda en cada lugar, planteando como función objetivo, generalmente, minimizar los costos asociados con la movilización de las mercancías entre los puntos origen con los puntos destino. (Flores & Flores, 2021)

### 3.3. Propuesta de solución- recorrido

#### 3.3.1. Ruta 1

Se trazó la ruta de reparto tomando el camino más corto a través de programación dinámica, además, al observar que el camión que sale desde Chiclayo, también ira a Bambamarca, que será un solo viaje y que la distancia desde la provincia más cercana es corta, que aún hay capacidad de carga en el vehículo y también que el punto de llegada es el mismo de salida se decidió optar por la primera ruta comprendida por Chota, Bambamarca, Cutervo y Santa Cruz desde almacén Chiclayo. Con la aplicación de programación dinámica, se obtendrá el recorrido a realizarse.

**Tabla 14**

*Distancias entre provincias a distribuir desde Chiclayo*

de	A				
	Chota	Bambamarca	Cutervo	Santa Cruz	Chiclayo
Chiclayo	219	254	215	145	0
Chota	0	35.5	65.1	60.2	219
Bambamarca	35.5	0	100.6	95.7	254
Cutervo	65.1	100.6	0	90.3	215
Santa Cruz	60.2	95.7	90.3	0	145

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, observa las distancias entre las provincias designadas a distribuir desde almacén Chiclayo y las distancias entre cada lugar a donde tendrá que ir el transporte. Con estos datos se empezará a buscar la ruta más corta, es decir la de menos distancia, teniendo en cuenta que el transporte inicia y termina en Chiclayo.



**Tabla 15**

*Etapa 5- Distribución Chiclayo*

de	f5(s)	x5
Chiclayo	0	Chiclayo
Chota	219	Chiclayo
Bambamarca	254	Chiclayo
Cutervo	215	Chiclayo
Santa Cruz	145	Chiclayo

Fuente: Elaboración propia.

Se toma las distancias de regreso a almacén Chiclayo, desde cada provincia a repartir, por ser la etapa 5 la última de reparto, el vehículo debería estar de regreso a Chiclayo, después de haber pasado por las otras provincias, siendo la distancia más corta desde Santa Cruz de 145 Km.

**Tabla 16**

*Etapa 4- Distribución Chiclayo*

de	A				f4(s)	x4
	Chota	Bambamarca	Cutervo	Santa Cruz		
Chiclayo	-	-	-	-		
Chota	-	35.5+254=289.5	65.1+215=280.1	60.2+145=205.2	205.2	Sta Cruz
Bamb	35.5+219=254.5	-	100.6+215=315.6	95.7+145=240.7	240.7	Sta Cruz
Cutervo	65.1+219=284.1	100.6+254=354.6	-	90.3+145=235.3	235.3	Sta Cruz
Sta Cruz	60.2+219=279.2	95.7+254=349.7	90.3+215=305.3	-	279.2	Chota

Fuente: Elaboración propia.

Se toma las distancias anteriores de regreso a Chiclayo y se le suma las distancias de los otros lugares, en esta etapa la distancia más corta sería de 205.2 Km, siendo de la siguiente manera: Chota - Santa Cruz - Chiclayo.

**Tabla 17**

*Etapa 3- Distribución Chiclayo*

de	A				f3(s)	x3
	Chota	Bambamarca	Cutervo	Santa Cruz		
Chiclayo	-	-	-	-		
Chota	-	35.5+240.7=276.2	65.1+235.3=300.4	60.2+279.2=339.4	276.2	Bamb
Bamb	35.5+205.2=240.7	-	100.6+235.3=335.9	95.7+279.2=374.9	240.7	Chota
Cutervo	65.1+205.2=270.3	100.6+240.7=341.3	-	90.3+279.2=369.5	270.3	Chota
Sta Cruz	-	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente teniendo las distancias pasando por dos provincias y finalmente a Chiclayo, se suma las distancias de los lugares por los que faltaría pasar, donde se ve que la distancia más corta es de 240.7 Km y sería Bambamarca – Chota – Santa Cruz – Chiclayo.

**Tabla 18**

*Etapa 2- Distribución Chiclayo*

de	A				f2(s)	x2
	Chota	Bambamarca	Cutervo	Santa Cruz		
Chiclayo	-	-	-	-		
Chota	-	-	-	-		
Bamb	-	-	100.6+270.3=370.9	-	370.9	Cutervo

Cutervo	$65.1+276.2=332.3$	$100.6+240.7=341.3$	-	-	332.3	Chota
Sta Cruz	-	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

En la segunda etapa se suma las distancias de los lugares que falta a los 3 ya evaluados obteniéndose la distancia más corta de 341.3 Km, habiendo cambiado la ruta de la siguiente manera: Cutervo – Chota – Bambamarca – Santa Cruz – Chiclayo

**Tabla 19**

*Etapa 1- Distribución Chiclayo*

de	A				f1(s)	x1
	Chota	Bambamarca	Cutervo	Santa Cruz		
Chiclayo	-	$254+370.9=624.9$	$215+341.3=556.3$	-	556.3	Cutervo
Chota	-	-	-	-		
Bamb	-	-	-	-		
Cutervo	-	-	-	-		
Sta Cruz	-	-	-	-		

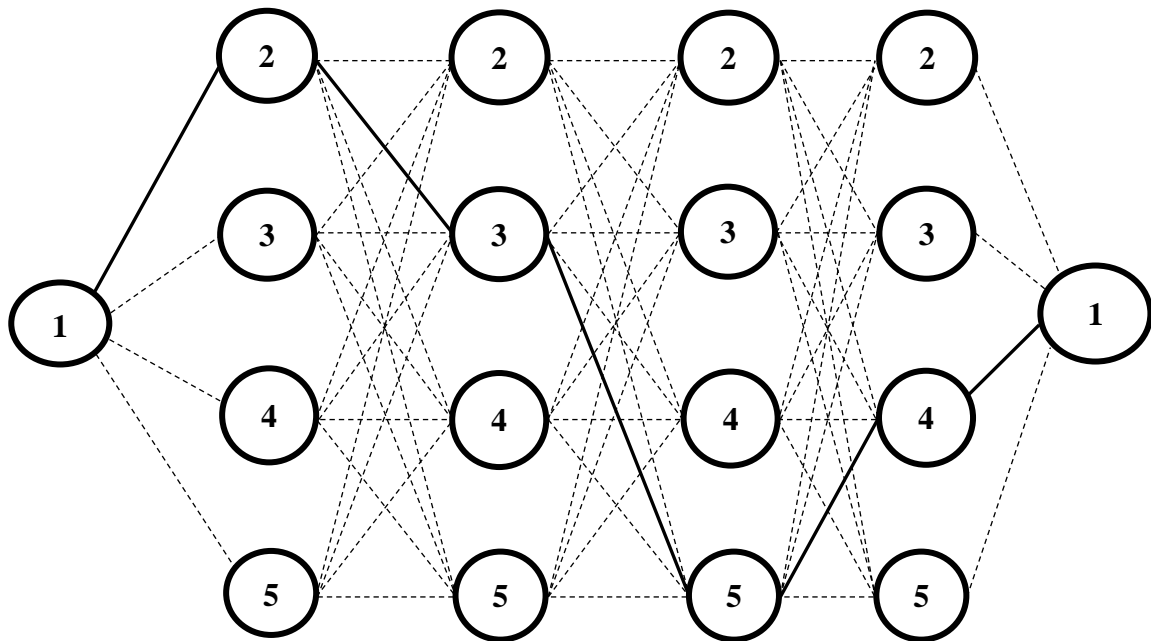
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, después de aplicar el método de programación dinámica se obtiene la primera ruta optima de distribución: Chiclayo- Cutervo- Chota- Bambamarca- Santa Cruz-

Chiclayo, en la cual recorrerá 556.3 Km como se presenta en el siguiente grafico donde los nodos representan a cada provincia y las líneas el recorrido.

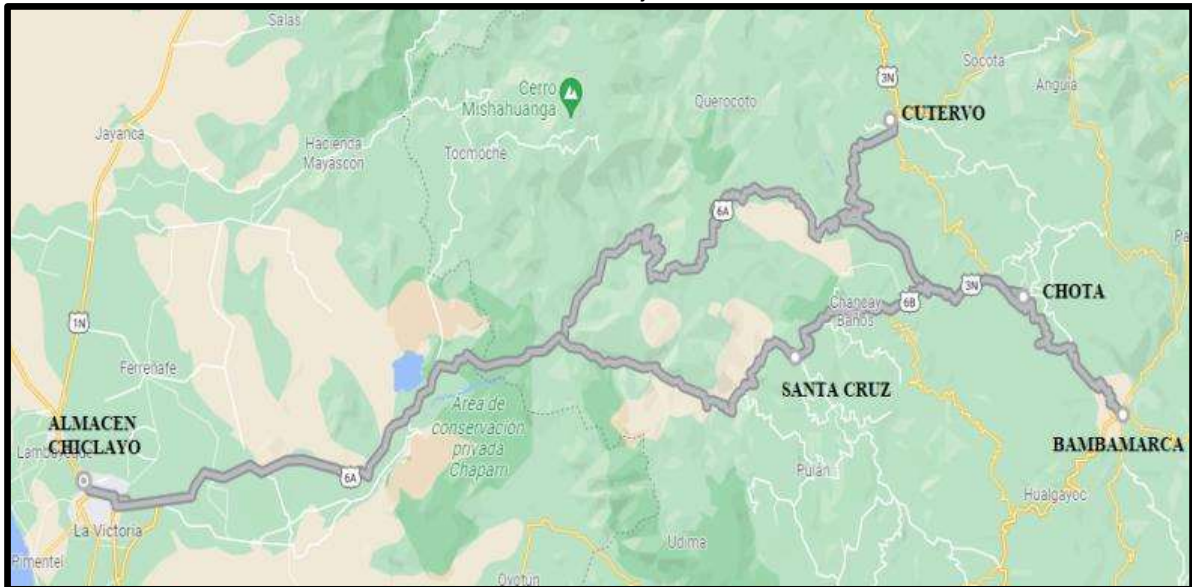
LEYENDA	
Número	Ciudad
1	Chiclayo
2	Cutervo
3	Chota
4	Santa Cruz
5	Bambamarca

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 16:** Diagrama de nodos de ruta a seguir para distribución desde Chiclayo

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17:** Mapa Ruta 1 (distribución desde almacén Chiclayo)

Fuente: Google Maps

### 3.3.2. Ruta 2

Después de observar los lugares restantes que se repartirán desde Cajamarca, se dividió en tres grupos, se analizó las distancias y la cantidad de pedidos en promedio en toneladas, además, de la cantidad de visitas que se realizan al mes.

**Tabla 20**

*Detalle de provincias a distribuir desde almacén Cajamarca*

Punto de Partida	Punto de Llegada	Distancia	Litros mensuales	Toneladas	Visitas al mes
Cajamarca	San Miguel	105	600	504.02	1
Cajamarca	Chilete	87.9	300	252.01	1
Cajamarca	San Pablo	69.6	200	168.01	1
Cajamarca	San Marcos	70.9	500	420.02	2
Cajamarca	Cajabamba	129	1800	1512.06	2
Cajamarca	Celendín	104	1000	840.03	2

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que, para viajar a estos lugares, es necesario pasar por otros, se dividió en tres grupos:

Teniendo en cuenta que para ir a Cajabamba hay que pasar primero por San Marcos y que la suma de estos dos nos da 1.93207 tonelada con dos visitas al mes se estableció esta segunda ruta de despacho, también con dos visitas del repartidor al mes, después de la fecha de los pedidos.



**Figura 18:** Mapa Ruta 2

Fuente: Google Maps

### 3.3.3. Ruta 3



**Tabla 21**

*Distancias entre provincias ruta 4*

de	A			
	San Miguel	Chilete	San Pablo	Cajamarca
Cajamarca	105	87.9	69.2	0
San Miguel	0	53.8	31.6	105
Chilete	53.8	0	28.6	87.9
San Pablo	31.6	28.6	0	69.2

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se muestra las distancias desde almacén Cajamarca a las provincias de San Miguel, Chilete y San Pablo y las distancias entre cada punto.

**Tabla 22**

*Etapas 4- Ruta 4*

de	f4(s)	x4
Cajamarca	0	Cajamarca
San Miguel	105	Cajamarca
Chilete	87.9	Cajamarca
San Pablo	69.2	Cajamarca

Fuente: Elaboración propia.

La cuarta y última etapa en esta ruta es el regreso a almacén Cajamarca, donde se observa que la distancia más corta es San Pablo – Cajamarca con 69.2 Km



**Tabla 23**

*Etapa 3- Ruta 4*

de	A			f3(s)	x3
	San Miguel	Chilete	San Pablo		
Cajamarca	-	-	-		
San Miguel	-	53.8+87.9=141.7	31.6+69.2=100.8	100.8	San Pablo
Chilete	53.8+105=158.8	-	28.6+69.2=97.8	97.8	San Pablo
San Pablo	31.6+105=136.6	28.6+87.9=116.5	-	116.5	Chilete

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera etapa se suma las distancias desde los demás puntos antes del regreso a almacén Cajamarca y se observa que la ruta más corta es de 97.8 Km, siendo Chilete – San Pablo – Cajamarca.

**Tabla 24**

*Etapa 2- Ruta 4*

de	A			f2(s)	x2
	San Miguel	Chilete	San Pablo		
Cajamarca	-	-	-		
San Miguel	-	53.8+97.8=151.6	31.6+116.5=148.1	148.1	San Pablo
Chilete	53.8+100.8=154.6	-	-	154.6	San Miguel
San Pablo	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

Al faltar aun una provincia por recorrer, se observa que en relación con el resultado anterior este cambia siendo la distancia más corta de 148.1 Km recorriendo San Miguel – San Pablo – Chilete - Cajamarca

**Tabla 25**

*Etapa 1- Ruta 4*

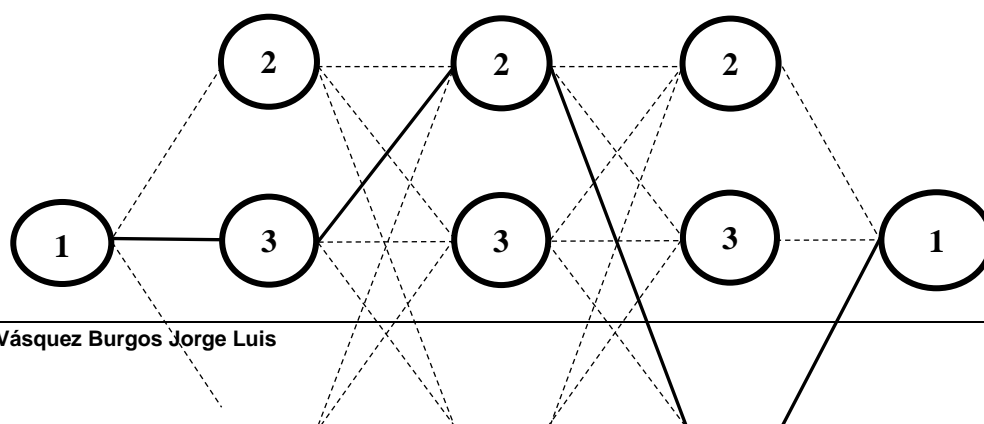
de	A			f1(s)	x1
	San Miguel	Chilete	San Pablo		
Cajamarca	105+148.1=253.1	87.9+154.6=242.5	-	242.5	Chilete
San Miguel	-	-	-		
Chilete	-	-	-		
San Pablo	-	-	-		

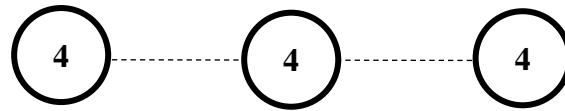
Fuente: Elaboración propia.

En la etapa 1 se concluye nuevamente con un cambio en comparación con el resultado anterior que la ruta más corta es de 242.5 Km, la cual será de la siguiente manera: Cajamarca- Chilete- San Miguel- San Pablo- Cajamarca. De esta manera se obtiene la cuarta ruta, la cual tendrá una carga de 0.92404 toneladas en promedio representado de la siguiente manera, donde los nodos son las provincias y las líneas los recorridos:

LEYENDA	
Número	Ciudad
1	Cajamarca
2	San Miguel
3	Chilete
4	San pablo

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 20:** *Diagrama de nodos de Ruta 4*

Fuente: Elaboración propia



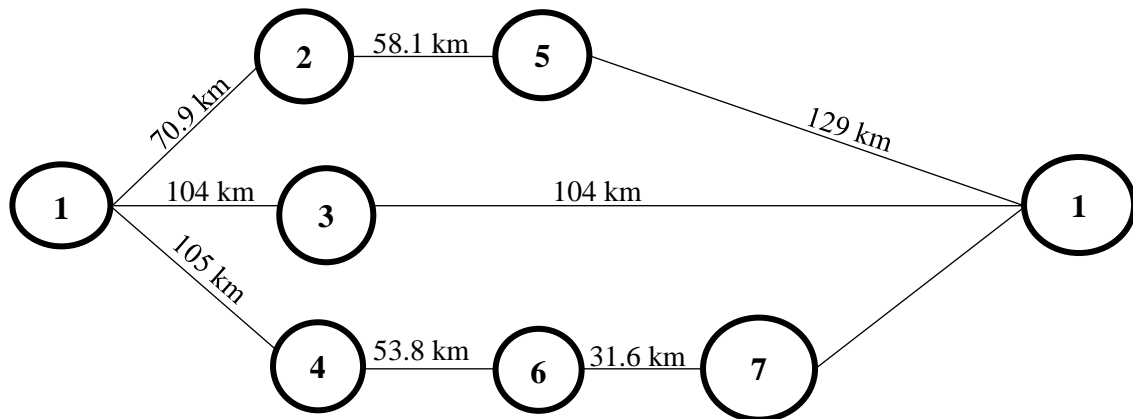
**Figura 21:** *Mapa Ruta 4*

Fuente: Google Maps

A continuación, se muestra a través de un gráfico el trazado de rutas desde Cajamarca.

<b>LEYENDA</b>	
<b>Número</b>	<b>Ciudad</b>
1	San Marcos
2	Celendín
3	Chilete
4	Cajabamba
5	San Miguel

Fuente: Elaboración propia.



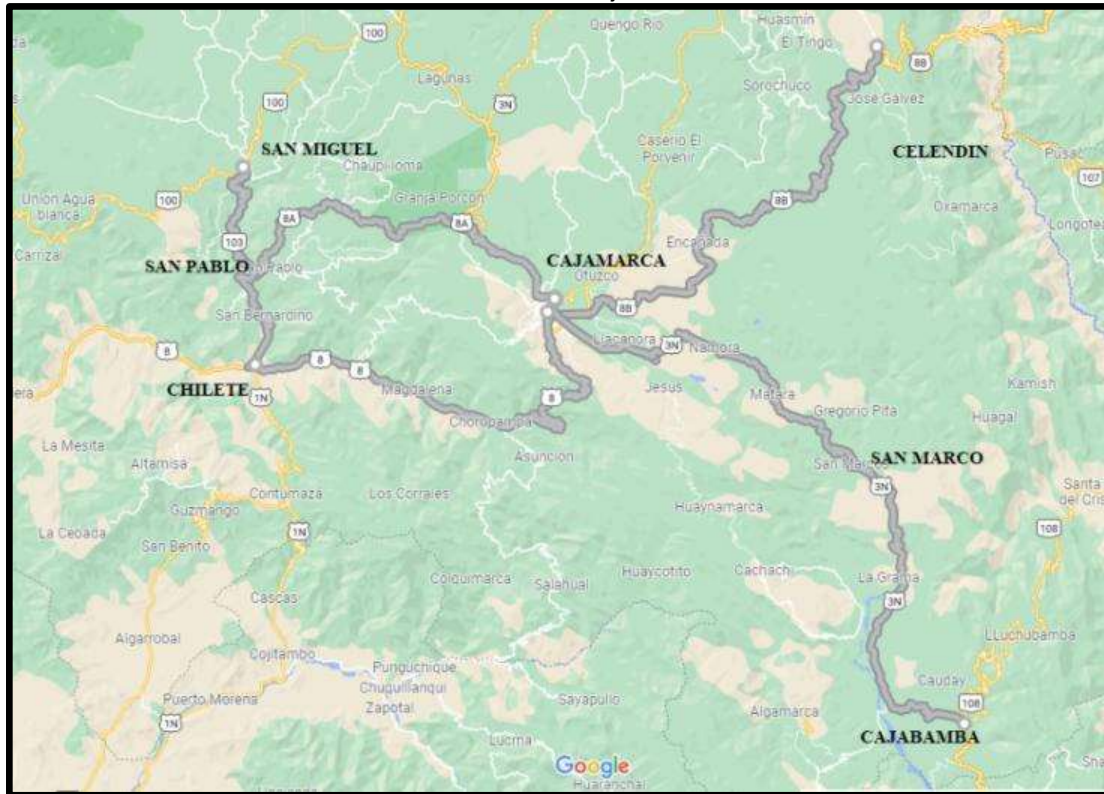
**Figura 22:** Diagrama de nodos de ruta a seguir para distribución desde Cajamarca

Fuente: Elaboración propia

Ruta 2: Cajamarca- San Marcos- Cajabamba- Cajamarca.

Ruta 3: Cajamarca- Celendín- Cajamarca.

Ruta 4: Cajamarca- Chilate- San Miguel- San Pablo- Cajamarca.



**Figura 23:** Mapa de rutas de distribución desde almacén Cajamarca

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la observación del proceso de distribución en la empresa se pudo identificar que, para mejorar el problema de demoras en las entregas de los pedidos, se debe asumir el proceso de distribución, para lo que se plantea las rutas a seguir las cuales se dieron a conocer al gerente de la empresa, las cuales deberán implementarse inmediatamente de ser aprobado.

### **3.4. Evaluación de resultados de la propuesta de optimización de tiempos para el proceso de distribución de lubricantes en Cajamarca.**

Se realizó la comparación entre la situación anterior y posterior a la aplicación de la propuesta realizada mediante Programación Lineal y Dinámica, con la finalidad de evaluar la diferencia después de la optimización en los tiempos de reparto.

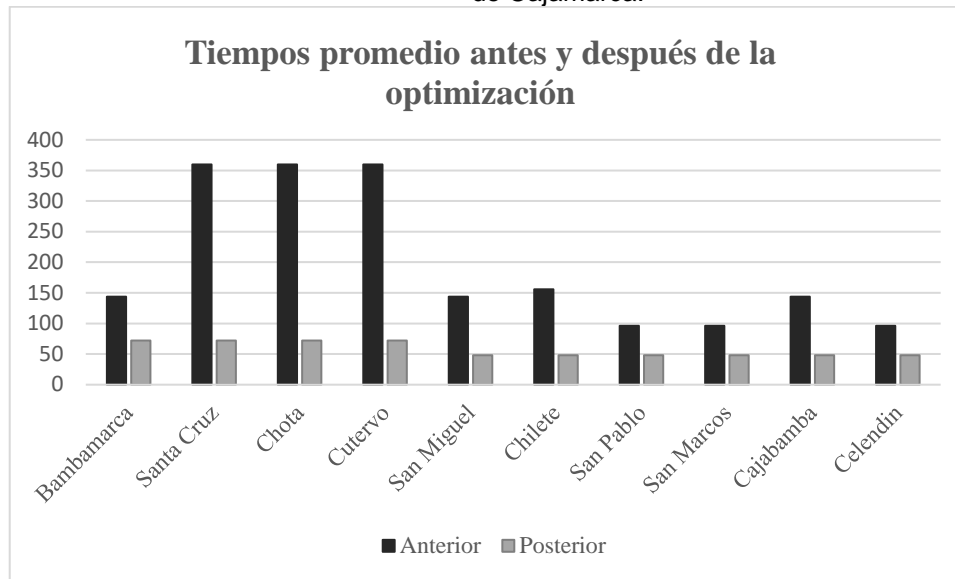
**Tabla 26**

*Comparación de tiempos antes y después de la optimización*

<b>Tiempos promedio antes y después de la optimización</b>			
<b>Salida</b>	<b>Destinos</b>	<b>Anterior</b>	<b>Posterior</b>
Almacén Chiclayo	Bambamarca	144	
	Santa Cruz	360	72
	Chota	360	
	Cutervo	360	
Almacén Cajamarca	San Miguel	144	
	Chilete	156	48
	San Pablo	96	
	San Marcos	96	48
	Cajabamba	144	
	Celendín	96	48
<b>Total (horas)</b>		<b>1956</b>	<b>216</b>
<b>Total (días)</b>		<b>81.5</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que después de la aplicación de la propuesta se puede disponer de mucho más tiempo, pues el reparto ya no se realiza de manera desordenada, sino, siguiendo las rutas trazadas, donde además, se puede apreciar que el transporte de Cajamarca, solo ocupa 6 días del mes y el de Chiclayo solo 3, mientras anteriormente si se tuviera una unidad en espera del reparto a provincias por la espera hubiera tenido excesivo tiempo muerto, mostrando una recuperación de tiempo acumulado de 72.5 días. En la ruta designada para la entrega de almacén Chiclayo, se mejoró la entrega de un máximo de 360 horas a 72 horas, en las rutas de los lugares a repartirse desde almacén Cajamarca mejoro la entrega de un máximo de 156 horas a 48 horas por ruta.



**Figura 24:** Mejora de tiempos después de la optimización

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar la mejora en los tiempos, donde la ruta que se propuso atender desde Chiclayo presenta una mejora en los tiempos de hasta el 80% y las rutas que quedaron para atenderse desde Cajamarca presentan una mejora de hasta 69.3%.

### 3.5. Matriz comparativa, antes y después de la optimización.

**Tabla 27**

*Comparación de variables antes y después de la optimización*

VARIABLE	INDICADORES	ANTES	DESPUES
PROGRAMACIÓN LINEAL	Optimización de tiempos	No existe optimización	Implementación de optimización

	Distancia de almacén a cada provincia	De almacén Cajamarca a cada provincia	De almacén Cajamarca a cada provincia De almacén Chiclayo cada provincia
	Distancia entre provincias	No se hace reparto por rutas entre provincias	Nuevas rutas de reparto teniendo en cuenta varias provincias según su distancia
PROGRAMACIÓN DINÁMICA	Capacidad máxima de vehículo de transporte	1 vehículo de 1 tonelada	1 vehículo de 1 tonelada 1 vehículo de 8 toneladas
	Cantidad de pedido a cada provincia	Transporte por pedidos, según llegada de la orden de venta	Consolidado de mercadería según ruta a repartir
TIEMPOS DE DISTRIBUCIÓN	Duración del ciclo de distribución	Hasta 15 días de espera para recibir pedido	Hasta 72 horas para recibir pedido

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Viabilidad de la propuesta para la optimización de tiempos de distribución

Al aplicarse la propuesta obtenida de las rutas trazadas, se debe obtener un beneficio, no solo en tiempo de distribución, sino también, económicamente en incremento de la inversión, para eso será necesario la evaluación por medio indicadores económicos, se considera un periodo de 6 meses para esta evaluación por medio del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de retorno (PR).

Se debe tener en cuenta que los datos obtenidos son un promedio con respecto al flujo de caja realizado solo en el área de distribución de manera mensual.

#### 3.6.1. Evaluación económica del proceso de reparto sin optimización.

La inversión inicial en este caso se obtiene de los gastos que se realiza para el proceso, teniendo en cuenta el costo de envío de mercadería el cual es aproximadamente S/0.3 por Lt por cada 100 Km, sabiendo también que toda la distribución se realiza desde Cajamarca.



**Tabla 28**

*Costos de distribución desde Cajamarca a cada provincia*

	Distancia Km	Cantidad en Lt aprox	Costo del proceso
San Miguel	105	600	S/ 189.00
Chilete	87.9	300	S/ 79.11
San Pablo	69.6	200	S/ 41.76
Bambamarca	112	2000	S/ 672.00
Santa Cruz	204	700	S/ 428.40
Chota	145	3500	S/ 1,522.50
Cutervo	209	2100	S/ 1,316.70
San Marcos	70.9	500	S/ 106.35
Cajabamba	129	1800	S/ 696.60
Celendín	104	1000	S/ 312.00

Fuente: Elaboración propia.

El costo total de proceso, se obtiene de la suma del sueldo del chofer (S/1200.00), su almuerzo (S/390.00), que es cubierto por la empresa y los S/5364.42 de envío de mercadería a las provincias. Obteniéndose un total de S/6954.42

El proceso de distribución requiere una inversión inicial de S/6954.42, generando flujos de aproximadamente S/2500.00 mensual, con una tasa de 25%.

**Tabla 29**

*Evaluación de Flujo semestral antes de la optimización*

Periodo (mensual)	Flujos	Saldo actualizado (25%)	Saldo actualizado acumulado
0	-6954.42	-6954.42	-6954.42
1	2500.00	2000.00	-4954.42
2	2500.00	1600.00	-3354.42
3	2500.00	1280.00	-2074.42
4	2500.00	1024.00	-1050.42
5	2500.00	819.20	-231.22
6	2500.00	655.36	424.14

VAN	TIR	PR
424.14	28%	5.35

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de distribución tiene una inversión de S/6954.42, logrando un saldo a favor en el sexto mes de S/424.14.

La tasa de retorno en 6 meses es de 28%.

El periodo de recuperación de lo invertido es de aproximadamente 5 meses y medio.

### 3.6.2. Evaluación económica del proceso luego de la optimización.

Para la optimización del proceso de reparto se sugiere subir el sueldo del repartidor a S/1500.00 y contratar un ayudante con un sueldo de S/930.00, más los viáticos, que incluyen hospedaje y alimentación de los dos son S/1130.00 y S/1000.00 de combustible. Se obtiene un total de S/5380.00

El proceso de distribución con la optimización requiere de una inversión de S/5380.00, monto que a simple vista es menor al del proceso de optimización, esta generara flujos aproximados de S/2500.00 con una tasa de 25%.

**Tabla 30**

*Evaluación de Flujo semestral después de la optimización*

Periodo (mensual)	Flujos	Saldo actualizado (25%)	Saldo actualizado acumulado
0	-5380.00	-5380.00	-5380.00
1	2500.00	2000.00	-3380.00
2	2500.00	1600.00	-1780.00
3	2500.00	1280.00	-500.00
4	2500.00	1024.00	524.00
5	2500.00	819.20	1343.20
6	2500.00	655.36	1998.56

<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>PR</b>
1998.56	40%	3.49

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de distribución después de la optimización tiene una inversión de S/5380.00, logrando un saldo a favor en el sexto mes de S/1998.56

La tasa de retorno en 6 meses es de 40%.

El periodo de recuperación de lo invertido es de aproximadamente 3 meses y medio.

Ahora se puede comparar los datos obtenidos con y sin optimización del proceso de distribución.

	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>PR</b>
<b>Antes de la Optimización</b>	424.14	28%	5.35
<b>Después de la Optimización</b>	1998.56	40%	3.49

Como se puede observar el VAN es mucho más alto después de la optimización, con una diferencia de S/1574.42.

La tasa interna de retorno, es superior en 12% después de la optimización.

El periodo de retorno se acorta después de la optimización de un poco mas de 5 meses y medio a menos de 3 meses y medio.

Después de observar los resultados obtenidos, queda demostrado que la rentabilidad de la inversión a realizarse, es más que conveniente.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Durante la realización de la investigación se pudo identificar que se puede mejorar el proceso de reparto con ayuda de Programación Lineal y Dinámica, pues es posible realizar un diseño de distribución de mercaderías para optimizar los tiempos de entrega, en este caso de hasta 80% de mejora de tiempo, reduciendo de 360 horas de demora a 72 horas, además, para poder mejorar los tiempos dentro de este proceso no solo es necesario conocer cada paso, sino analizarlo, y se debe trabajar con el personal de la empresa, quienes conocen todo el proceso.

Giron (2014), nos dice que, se debe realizar una planificación correcta y ordenada en las rutas, de manera que el encargado de reparto abarque todas las zonas, evitando rechazos, para que se optimice el tiempo de entrega y el recorrido sea el correcto. Para planificar correctamente las rutas se debe contar con un método, en este caso, la programación Lineal y Dinámica, pudiendo formular una propuesta de realizar los viajes según las rutas trazadas, que no siempre deben ser un solo reparto que abarque todas las zonas, sino, tener en cuenta si se tiene otras opciones, como otro almacén para hacer más eficiente este proceso, con lo cual se reduce los rechazos por demoras, pues el cliente está consciente que pronto llegara

su pedido y siendo el recorrido el óptimo resulta también en ahorro de combustible, tiempos de viaje prolongado y por lo tanto horas de trabajo del conductor, pudiendo ocupar el tiempo ahorrado en otra labor que corresponda al área de distribución.

Además de la disminución en los rechazos y disminución del tiempo de distribución de mercadería, hay un leve impacto positivo en el costo de la Optimización de S/1574.42 de ahorro en el nuevo proceso. Según Cuadros (2017), las empresas que adopten cambios en la metodología del reparto, estandarizando este proceso, no se verán impactados en cuanto a costos. No existe un estándar en cómo se debe distribuir mercaderías, los cambios que se realizan son a consecuencia de la optimización y el ordenamiento del proceso, pudiendo impactar positivamente en los costos, pues si se tiene en cuenta el aumento de ventas, la disminución de rechazos y la reducción de tiempo de trabajo, esto dará como consecuencia ahorro de dinero, que se verá reflejado en la reducción de costos, como en este caso que existe una disminución del costo del proceso.

González (2016), afirma que en la mayoría de los casos es posible lograr un alto aprovechamiento en los procesos, pero en algunos casos, los costos por contratación de nuevo personal y adquisición de más máquinas son parte de las restricciones, que hacen que se deba buscar el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. Los resultados de la investigación nos muestran mejoras en el tiempo de distribución, utilizando los recursos existentes de la empresa, en este caso los vehículos disponibles y los almacenes, desde donde se puede distribuir la mercadería hacia las provincias, en esta nueva situación hasta se podría recurrir a la contratación de una persona sin ser una restricción, pues es una alternativa luego de la implementación para apoyo de esta labor, la cual se tomaría el costo del dinero ahorrado en envíos, sin incurrir en gasto adicional; pues, esta manera se usará los recursos ya disponibles, pero de mejor manera.

## 4.2. Conclusiones

- Al analizar el proceso de distribución de lubricantes se pudo identificar los problemas que afectan los tiempos de distribución en una empresa. Se observó el modelo de distribución de mercaderías antes de la implementación, el cual no contaba con un orden y planificación del proceso, se observó, además, que esta situación se vuelve común en otras empresas de distribución, encontrando un problema común en esta etapa, haciendo de las demoras algo normal entre los clientes de las diferentes compañías que distribuyen diferentes tipos de mercaderías, pues, lo enviado no recibe un trato adecuado para llegar a tiempo y en buen estado. Además, la distribución se realiza de manera desordenada, sin tener en cuenta un trazo de ruta, para hacer un reparto más económico y eficiente, de tal manera que la labor del repartidos es dejar cada pedido en la empresa de transportes y de allí para adelante no existe una garantía real de lo que pueda suceder con la mercadería, pues no se controlaba el tiempo de llegada de los productos al cliente y no existía planes de contingencia para evitar demoras no previstas.
- Aplicando Programación Lineal y Dinámica, se diseñó un modelo de distribución de mercaderías efectivo tomando en cuenta las distancias, los lugares por donde puede pasar el transporte agrupándolos en una sola ruta y la capacidad de carga de los vehículos.
- Al evaluar los resultados de la propuesta de optimización de tiempos para el proceso de distribución de lubricantes en Cajamarca, se pudo verificar que existe una mejora

significativa en tiempos de distribución y costos, considerando un crecimiento del 24% al 80% en el valor neto.

- Finalmente se logró optimizar los tiempos de distribución de lubricantes a través de Programación Lineal y Dinámica, de una empresa distribuidora de Cajamarca. La aplicación de la propuesta de mejora de tiempo en el proceso de distribución muestra optimización de hasta 80%, habiendo disminuido el tiempo de espera de hasta 360 horas a 72 horas en los tiempos de llegada de los productos a los puntos de venta reduciendo el costo inicial de S/6954.42 a S/5380.00

## REFERENCIAS

- Alvarado Boirivant, J. (2008). *La Programación Lineal Aplicación De La Pequeñas Y Medianas Empresas*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Arias Odón, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Venezuela: Editorial Episteme.

- Ballou, R. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. Quinta Edición. Mexico: Pearson Educación.
- Bermúdez, Y. (2011). *Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta*. Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Bertone, A. H., & Minetti, G. (2000). *Comparación De Tres Métodos De Búsqueda Incompletos Para El Problema De La Mochila*. Argentina: Universidad Nacional de San Luis.
- Brown, A. (1992). *Gestión de la atención al cliente*. Madrid, España: Diaz de antos S.A.
- Cabrera Cánovas, A. (2011). *Transporte Internacional de Mercancías*. Madrid: Instituto Español de Comercio Exterior.
- Congo Feijó, I. (2020). *Implementación De Una Red De Transporte Para La Distribución De Productos Aplicando La Programación Lineal*. Ecuador: Universidad Tecnica de Machala.
- Coyle, J. J., Bardí, E. J., & Langley, C. J. (2003). *The Management of Business Logistics. A Supply Chain Perspective, 7 Edición*. EE.UU: South-Western.
- Cuadros, L. (2017). *Diseño del proceso del sistema de distribución de la compañía Industrias Químicas la Granja*. Colombia: Universidad Libre.
- Defee, C. C. (2009). *The Role of Followers in Supply Chains*. Journal of Business Logistics.
- Fabio Maximiliano, M. (2016). *Planificación y Gestión de Operaciones en Sistemas Logísticos de Distribución*. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Favio M, M., Frutos, M., Tohmé, F., & Méndez Babey, M. (2018). *Ruteo de Vehículos y Programación de carga*. Argentina: Red De Editoriales Univesidades Nacionales.
- Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, K. L. (2021). *Modelo de transporte aplicado a una empresa distribuidora de cemento. Caso de estudio en Ecuador*. Ecuador: Revista Científica de FAREM-Esteli.
- García Anduiza, J. (2018). *Gestión de la cadena de suministro: análisis del uso de las TIC y su impacto en la eficiencia*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Giron, A. (2014). *Sistemas de Distribución en las medianas empresas comercializadoras de la ciudad de Quetzaltenango*. Guatemala: Universidad Rafael Landivar.
- González Neira, E. M. (2016). *Propuesta Para El Mejoramiento De Los Procesos Productivos De La Empresa Servioptica LTDA*. Colombia: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.
- Herrera Ramírez, M. M., & Orjuela Castro, J. A. (2014). *Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: un enfoque desde la dinámica de sistemas*. Bogotá, Colombia: Ingeniería.
- Katerine Andrea, A. (2019). *Método De Programación Lineal Para Maximizar Los Ingresos De Una Empresa Del Sistema Integrado De Transporte Público En La Ciudad De Bogotá*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Mesía, M. R. (2007). *Contexto Ético de la Investigación Social*. Lima, Perú: Investigación Educativa.
- Mora Escobar, H. (1997). *Programación Lineal*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Mousalli Kayat, G. (2015). *Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa*. Merida: CC BySa.
- Mora Escobar, H. M. (2001). *Optimización No Lineal Y Dinamica*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Ortega Gil, M., & Segovia Cuevas, M. (2017). *La influencia de las redes de transporte en los actores estratégicos del Campo de Gibraltar (España)*. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Osorio Cuellar, P. (2016). *Programación Lineal Para La Distribución De Viajes En Una Empresa De Transportes*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Pagell, M. (2004). *Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and*. EE.UU: Journal of Operations Management.
- Pardillo, Y., & Gómez, I. (2013). *Modelo de diseño de nodos de integración en las cadenas de suministro*. Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Pereira Pérez, Z. (2011). *Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una Experiencia Concreta*. Costa Rica: Universidad Nacional Heredia.
- Poirier, C. C. (1999). *Advanced Supply Chain Management*. San Francisco: Berret-Koehler Publishers, Inc.
- Robust Antón, F. (2005). *Logística del Transporte*. Barcelona: Iniciativa Digital Politecnica.
- Rojas Polo, J., Córdova Neira, F., Reyes Maquín, G., & Tamariz Medina, C. (2014). *Optimización en la Distribución del producto terminado de una Agroindustria en la ciudad de Lima*. Ecuador: LACCEI.



- Ruiz Moreno, A. F., Caicedo Otavo, A. L., & Orjuela Castro, J. A. (2015). *Integración externa en las cadenas de suministro agroindustriales: Una revisión al estado del arte*. Colombia: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Sainz, J. M. (2001). *La distribución comercial: opciones estratégicas, segunda edición*. Madrid, España: Esic.
- Salas Blas, E. (2013). *Diseños Preexperimentales En Psicología Y Educación: Una Revisión Conceptual*. Perú: Universidad San Martin de Porres.
- Salazar, F., Cavazos, J., & Martínez, J. L. (2012). *Metodología basada en el Modelo de Referencia para Cadenas de Suministro para Analizar el Proceso de producción de Biodiesel a partir de Higuerrilla*. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Sandoval Casilimas, C. A. (1996). *Investigación cualitativa*. Bogota: ARFO Editores e impresores Ltda.
- Santiana Chávez, S. (2011). *Despacho Optimo de Unidades De Centrales Hidroelectricas de Uso Multiple Utilizando Programación Dinamica*. Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.
- Stefansson, G., & Russell, D. M. (2008). *Supply Chain Interfaces: Defining*. Journal of.
- Stefansson, G., & Russell, D. M. (2008). *Supply Chain Interfaces: Defining*. Journal of.
- Young, R. R., & Esqueda, P. (2005). *Vulnerabilidades de lacadena de suministros: consideraciones para el casode América Latina*. Bogota, Colombia: Revista Latinoamericana De Administración.
- Zapata, J. A. (2016). *Optimización de la distribución de mercancías utilizando un modelo genético multiobjetivo de inventario colaborativo de m proveedores con n clientes*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

## ANEXOS

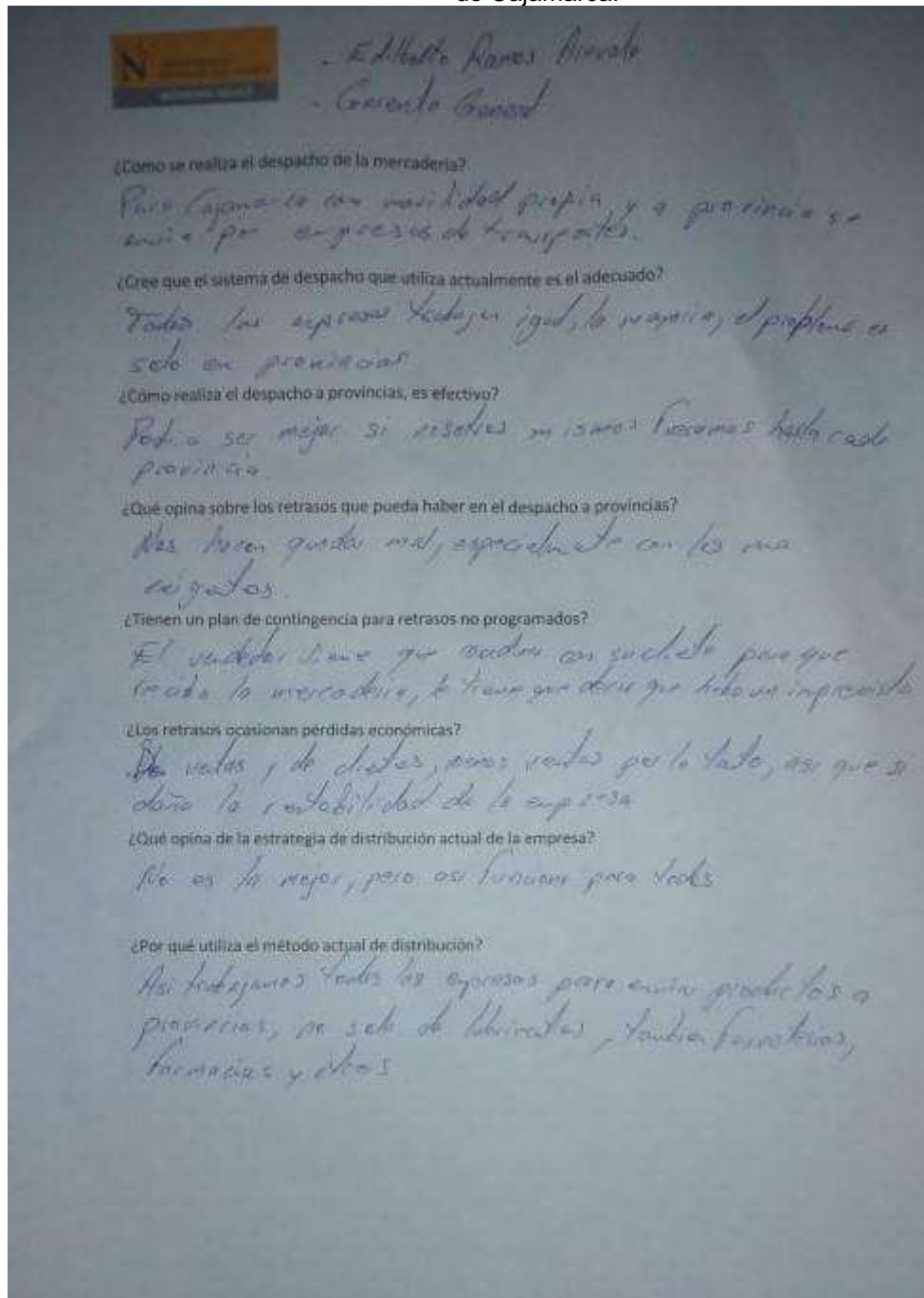
ANEXO 1. Resultado mensual de ventas.



ANEXO 2: Padrón de clientes

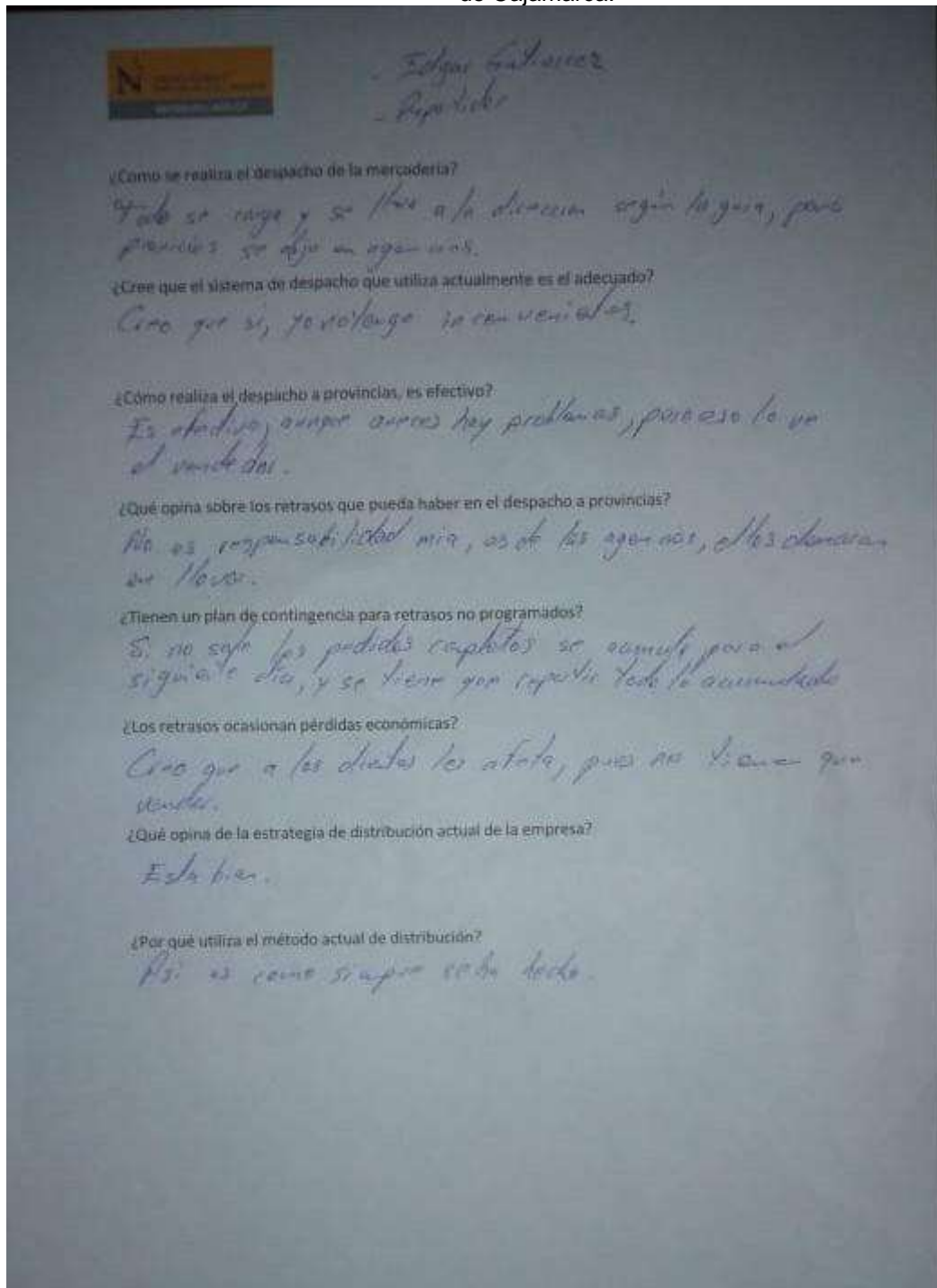
DENA: CAJAMARCA		SABRADO		TELÉFONO
Nº	DEN / RUC	CLIENTE	DIRECCION	
1	20520776649	EL MOTOR SERVICES S.A.E	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE 3003	922240742
2		VELOCITZ SALES JOSE	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE 3015	
3	20481552140	SERVICIOS AUTOMOTRICES DEL NORTE S.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE N° 272 - URB. EL BOSQUE	
4	47288484	ELMER ESPARZA SAUCO DO	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE Nº 2388	
5	2048124616	TECOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE Nº 1138 URB. EL BOSQUE	
6	20452704873	ALZOCENTRO CAJAMARCA S.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 306	
7	10402720162	BARRIOZA AELMIA FLOR DE MARÍA	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NROS. 870	
8	20460249754	SGH MILAGROS SERVIS E.I.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 1088	
9	10403334433	TORRES YURANDI HESANDI MARICAL	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE. 1870	
10	44107307	MARCOS MARIN VASQUEZ	JR. CHANCHAMAYO N° 1347	
11	10443073073	MARIN VASQUEZ MARCOS	JR. CHANCHAMAYO NRO. 1389	
12	10420754873	RAMIREZ MINCHAN, GLORIA ETELVINA	PL. PENSAMIENTOS N° 142 URB. EL JARDIN	
13	10431105309	SAGAZAR CABRERA SANTOY ELMER	JR.CHANCHAMAYO Nº 1575 URB. EL AMON	
14	20485957794	INVERSIONES CE TRE	JR. MAXARON NRO. 834 BARR. SAN JOSE	
15	10235607733	CASTRO DE CATALAN NOIRA LUZ	CAR. A BAMBAMARCA NRO. KM 5 BARRIO HUAMBODANCHA ALTA	
16	10287316113	SOTO POMPA WALTER	AV. HERMANSO ANGEL (CAJUELO) NRO. 593	
17	10450597212	SMOYENO RAICO EDUAR	JR. HUACAVECA NRO. 195	966058668
18	20485663992	TRANSPORTES HERRERA EIRL	CAL. LAS CAMILLAS 194	976332140
19	10412505231	VALDENUELA CABANILLAS MELANIO	JR. ANGAMOS NRO. 1188 INT. 1 BR. OYONTAPACHA	985333033
20	10412505231	VALDENUELA CABANILLAS MELANIO	AV. MZA. 01 LOTE. 54 URB. LOS JAZMINES DE NARANJAL LIMA	985333033
21	10412200039	CHILDEN YORLA ELIARD	JR. ANGAMOS 788	965605847
22	10431099076	VALDENUELA CABANILLAS RENAN	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE 471	976682242
23	20481648180	LUBRICACIONES DANVEZ EIRL	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE 500	948004617
24	10764711591	GARRY CERQUIN BELSI YASMIN	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE 781	975848423
25	20573682673	MULTISERVICIOS LA MERCEZ TONGOD S.R.L.	JR. LA JUSTICIA 321	876497070
26	10767378749	CEQUINO ARTAZAGA GRACIELA	JR. LAS ALBERTO SANCHEZ 172	870885089
27	20495886111	EMPRESA J G S.A. SERVICIOS GENERALES S.C.R.L.	JR. LOS DURAZNOS NRO. 157	983260098
28	10423733522	AREVALO PEREZ WILMER	JR. LOS EUCALIPTOS 217	975700130
29	10406435438	ZAMORA MAUROLAGOTIA LUIS NEILER	JR. LOS EUCALIPTOS 394	969241822
30	80023068	ESTEBAN GARCIA MALUQUIN	JR. LOS PINOS N° 412	
31	20570392125	MECANICA AUTOMOTRIZ MOTOR SERVIS MAGNO EIRL	JR. LOS SAUCES MZA. D LOTE 2 (ESQ. LOS OLIVOS)	
32	10298162761	CHILDEN POMPA CLAUDIO	AV. MANUEL SEDANO Nº 2385	
33	20600831669	LUBRIMOTORS MB V SANCHEZ EIRL	AV. HOYOS RUBIO 1503	968375030
34	20524442413	FLUID POWER E.I.R.L.	AV. HOYOS RUBIO NRO. 730 BARR. PUEBLO NUEVO	
35		MALCA MENDOZA JORGE ALDOR	JR. DELFIN CERNA 186	
36	10169593477	SAVEDRA GUTIERREZ ROBERTO	JR. DELFIN CERNA NRO. 239 BR SAN ANTONIO	
37	20481776235	VEHICARS S.A.C.	JR. CINCO ESCUINAS NRO. 1631 URB. SAN LUIS II ETAPA	
38	10294967778	ROJAS CHALAN BERNARDO ENRIQUE	JR. AMANCAES N° 427 BARRIO SAN ANTONIO	
39	20400952200	ZIGARRA BRIONES JUAN CARLOS	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE N° 2136	
40	1026682224	QUEJCHE PEREZ MARIA CATALINA	AV. HOYOS RUBIO NRO. 2040 LOT. COLUMBO	
41	1026681227	RAMIREZ MINCHAN JAVIER HERMAN	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 256 URB. EL JARDIN	
42	1040760966	VELASQUEZ CORDERAS DAVID ROMY	JR. LOS SAUCES NRO. 125 LOT EL BOSQUE	
43	1041076492	RAMIREZ MINCHAN GLORIA ETELVINA	PL. PENSAMIENTOS NRO. 142 URB. EL JARDIN	
44	1042748265	CERVANTES SALAZAR VICTOR RAUL	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 645 FONANTI	
45	1043714692	SARMIENTO TAJCA MARGA MAGDALENA	AV. HOYOS RUBIO NRO. NRO. 988 URB. URB. HORACIO ZEVALLOS	
46	2047464338	TORRES TRUJAO PATRICIA ROSANA	JR. EL BOSQUE NRO. 135 URB. EL BOSQUE	
47	1047919839	ALVA CUEVA ORGELDA	PL. ORO AMIGOS NRO. 295 LOT. TUNAPAMPA	
48	1077211902	VILLANUEVA ISQUIERDO WALTER SALONET	V. Angamos 1360	
49	2048389817	EMP. TRANSPORTES Y SERVICIOS KEITO EIRL	JR. DANIEL A. CARRION MZA. G LOTE. 1 LOT. EL BOSQUE	
50	20467982648	SERVICIOS MULTIPLES EL PARADO S.R.L.	AV. HOYOS RUBIO NRO. 1031	
51	2049172966	FANACC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO SUR NRO. 5/N LOT STA. MERCEDES	
52	2049178140	NSA AUTOMOTRIZ SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 5/N LQUADRA 21	
53	2052734826	KELOAN SERVICIOS MULTIPLES S.R.L.	MZA. L LOTE. 15 URB. EL JARDIN	
54	2057070833	RADIADORES ALVITES E.I.R.L.	JR. LAS CASUARINAS NRO. 156 BR SAN JOSE	
55	2068012852	O & J CERVANTES SERVICIOS GENERALES S.R.L.	JR. JUSTICIA NRO. 321 BARR.	
56	2068097786	SERVICIOS GENERALES AGUIKER S.R.L.	JR. MIGUEL IGLESIAS NRO. 1094 URB. SANTA ROSA	
57	2068166481	INVERSIONES SEMALC E.I.R.L.	AV. VIA DE EVITAMIENTO NORTE NRO. 178	
58	2068208444	SERVICIOS Y MANTENIMIENTO OSLIFACA E.I.R.L.	JR. MITUY MZA. C LOTE. 11 LOT. SAN ROGUE (FRENTE PLAZA VIA)	
59	26750438	ROJAS SALVA LUZ BEATRIZ	AV. HOYOS RUBIO NRO. 1604 LOT COLUMBO	
60	43264783	MARTOS CHAYAKKI CARLOS ROBERTO	AV. HOYOS RUBIO Nº 1588 BARRIO EL COLUMBO	
61	1040223822	CENTUBION FERNANDEZ LUIS DAVID	JR. LOS ALISOS # 172	
62	43825053	CASTREJON LOPEZ VIKTOR ALEJANDRO	JR. MIGUEL IGLESIAS # 185	
63	206228884	HIDROCARBUROS DEL NORTE	JR. MIGUEL CARDUJO # 24	
64			AV. VIA DE EVITAM. NORTE MZA. L LOTE. 3 URB. LA ALAMEDA	

ANEXO 3: Entrevista Gerente Grupo Pacifico Lubricantes



ANEXO 6: Entrevista repartidos Grupo Pacifico Lubricantes





ANEXO 7: Preparación de despacho.



ANEXO 8: Clientes insatisfechos por demoras.





