

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Mejoramiento del proceso de planificación de rutas para la
distribución de cilindros de GLP con un modelo matemático”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Eloísa Alejandra Echeverría Nivelá

Jonathan Javier Jácome Gonzáles

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, que me ha permitido alcanzar una meta más. A mis padres, Segundo y Alejandrina, por ser ese apoyo fundamental en mi vida. A mi compañero, Jonathan Jácome, por el gran trabajo realizado. A mis hermanas/o, Liliana, Valeria, David y mis sobrino/a Mathyus y Sofía por acompañarme siempre. Y finalmente a los profesores y nuestro tutor, quien fue guía y soporte para llevar a cabo este proyecto.

Eloísa Echeverría.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre es un apoyo fundamental en el logro de cada una de mis metas.

A nuestro tutor y profesores que de una u otra manera contribuyeron en afianzar los conocimientos adquiridos en mi formación profesional.

Jonathan J. Jácome.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autora 1: Eloísa Alejandra Echeverría Nivelá

Autor 2: Jonathan Javier Jácome González


Tutor: Luis Ignacio Reyes Castro

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Srta. Eloísa A. Echeverría Nivelá

AUTORA 1



Sr. Jonathan J. Jácome González

AUTOR 2



M.Sc. Luis Reyes Castro

TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo aumentar el porcentaje promedio de satisfacción del cliente mediante la implementación de un modelo matemático de ruteo en el proceso de planificación de las rutas de distribución para cilindros de GLP.

Se utilizó la metodología DMAIC para determinar las causas raíces de los problemas y las posibles soluciones, consistiendo en definir, medir, analizar, mejorar y controlar variables relacionadas directamente con el objetivo propuesto. En la primera etapa para el planteamiento del problema se utilizaron las herramientas 4W+2H, diagrama SIPOC Y VOC con la finalidad de levantar información relevante del proceso de planificación de rutas de distribución. Luego en la etapa de medición se realizó el plan de recolección de datos, adicionalmente se desarrolló y ejecutó una encuesta acerca de la satisfacción al cliente determinando los factores requeridos por los clientes. En la etapa de análisis se verificó los efectos que tenían dichos factores sobre la variable de respuesta, al mismo tiempo se utilizó la herramienta 5 por qué para determinar las causas raíces y las propuestas de mejoras, las cuales fueron analizadas, seleccionadas y posteriormente ejecutadas mediante un plan de implementación.

Finalmente, para evidenciar las mejoras, se diseñó un modelo matemático ejecutado en el programa Python con interfaz manejada mediante Excel obteniendo un aumento del 12,5% en el porcentaje promedio de satisfacción del cliente que incrementaron las ventas generando un ingreso promedio de \$6.212,26 correspondiente al dinero que no están ganando actualmente la empresa.

Como conclusión se incrementó el porcentaje promedio de satisfacción del cliente. De igual manera se elaboró un manual y procedimiento del manejo del modelo para asegurar el monitoreo del proceso.

Palabras claves: Porcentaje promedio de satisfacción al cliente, Planificación de rutas de distribución, Six Sigma, Python.

ABSTRACT

This project aims to increase the average percentage of customer satisfaction by implementing a mathematical model of routing in the process of planning distribution routes for LPG cylinders.

We used the DMAIC methodology for determine root causes of problems and possible solutions, consisting of Define, Measure, Analyze, Improve and Control variables directly related to the proposed objective. In the first stage, tools were used to approach the problem, such as 4W + 2H, SIPOC diagram and VOC in order to extract relevant information from the planning process of distribution routes. Then, in the measurement stage, the data collection plan was carried out. In addition, a customer satisfaction poll was developed and executed, determining the factors required by the customers. At the analysis stage, the effects of these factors on the response variable were verified. At the same time, tool 5 why's was used to determine the root causes and to establish improvement proposals, these were analyzed, selected and implemented through an implementation plan.

Finally, to demonstrate the improvements, we designed a mathematical model executed in the Python program with an interface managed by Excel obtaining a 12,5% increase in the average percentage of customer satisfaction that increased sales generating an average income of \$ 6,212.26 corresponding to the money that the company is not currently earning.

In conclusion, the average percentage of customer satisfaction increased. In addition, manual and procedure of the model management was elaborated to assure the monitoring of the process.

Keywords: *Average percentage of customer satisfaction, Planning of distribution routes, Six Sigma, Python.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ABREVIATURAS.....	v
SIMBOLOGÍA.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.1.1 Variable de medición.....	2
1.1.2 Alcance del proyecto.....	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Marco Teórico	3
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología	6
2.1 Etapa de Definición	6
2.1.1 Levantamiento de información	6
2.1.2 Declaración del problema	8
2.1.3 Identificación de necesidades del cliente	8
2.2 Etapa de Medición.....	10
2.2.1 Proceso de planificación de rutas de distribución	10
2.2.2 Plan de Recolección de Datos	12

2.2.3 Recolección de Datos	16
2.2.4 Validación de los datos	19
2.2.5 Prueba piloto y cálculo de tamaño de muestra	19
2.3 Etapa de análisis	20
2.3.1 Plan de verificación de factores	20
2.3.2 Análisis estadísticos de los factores.....	22
2.3.3 Análisis 5 ¿Por Qué's?.....	27
2.4 Etapa de mejora	29
2.4.1 Soluciones propuestas	29
2.4.2 Evaluación y selección de soluciones	30
2.4.3 Diseño de mejoras	31
2.5 Etapa de Control	42
2.5.1 Manual de usuario para el manejo del modelo de ruteo.	43
2.5.2 Instructivo visual para manejo de modelo de ruteo.	44
2.5.3 Implementación: prueba piloto	44
CAPÍTULO 3.....	46
3. Resultados	46
3.1 Resultados de la programación del modelo propuesto	46
3.2 Análisis de los beneficios	50
CAPÍTULO 4.....	52
4. Conclusiones y recomendaciones	52
4.1 Conclusiones.....	52
4.2 Recomendaciones.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
APÉNDICES.....	55
ANEXOS.....	61

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers Diagram
GLP	Gas Licuado de Petróleo
VOC	Voice of Customer
KPI	Key Performance Indicator
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
A.R.C.H	Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
RACDP	Reglamento de Actividades de Comercialización de Derivados del Petróleo
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauls
MVRPB	Mixed Vehicle Routing Problem with Backhauls
SVRPPD	Single Vehicle Routing Problem with Pickups and Deliveries
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickups and Deliveries
CPE	Cantidad de Producto Entregado a Cliente
CPP	Cantidad de Producto Planificado para Cliente
TC	Número Total de Clientes

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
kg	Kilogramos
min	Minuto(s)
hr	Horas
m	Metro
km	Kilometro
e	Error de porcentaje
n	Tamaño de muestra
US\$	Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica
Y's	Variable de Respuesta
X's	Variables Independientes

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Macro proceso del proceso operativo.....	6
Figura 2. 2. Herramienta 4W+2H para declarar el problema.	8
Figura 2. 3. VOC.....	9
Figura 2. 4. Conversación con Planificador de rutas de distribución	9
Figura 2. 5. Conversación con Gerente de Operaciones.....	9
Figura 2. 6. Diagrama de proceso de planificación de rutas de GLP.....	11
Figura 2. 7. Equipo de Recolección de Datos.....	16
Figura 2. 8. Formato de encuesta para recolección de datos.....	18
Figura 2. 9. Esquema de selección de herramientas estadísticas.....	20
Figura 2. 10. Prueba de T de dos muestras para KPI (No) vs KPI (Si).....	22
Figura 2. 11. Análisis de varianza para Porcentaje de satisfacción vs Ventana de tiempo para distribución.....	23
Figura 2. 12. Diagrama de cajas para factor ventana de tiempo por turno.	24
Figura 2. 13. Análisis de medias para Porcentaje de satisfacción vs Ubicación de centros de distribución.....	25
Figura 2. 14. Diagrama de cajas para factor ubicación de los distribuidores por parroquia.	25
Figura 2. 15. Matriz de Impacto-Esfuerzo.....	30
Figura 2. 16. Esquema básico de problema de ruteo	32
Figura 2. 17. Coordenadas de los clientes	38
Figura 2. 18. Esquema del algoritmo en Python.....	38
Figura 2. 19. Capacitación sobre el uso del modelo a los involucrados del proceso.....	43
Figura 2. 20. Capacitación con el instructivo visual	43
Figura 2. 21. Instructivo visual para manejo del modelo de planificación de rutas de distribución.	44
Figura 2. 22. Resultado de prueba piloto para un día.....	45
Figura 3. 1. Porcentaje de satisfacción de los clientes – Antes y después de la implementación	47
Figura 3. 2. Prueba de normalidad de los datos (Antes)	48
Figura 3. 3. Prueba de normalidad de los datos (Después)	49

Figura 3. 4. Prueba de hipótesis para diferencia de medias.....	49
Figura 3. 5. Gráfico de Caja: % Satisfacción de Antes vs Después.	50
Figura 3. 6. Costo beneficio por el uso del modelo.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Diagrama SIPOC para planificación de rutas de distribución de GLP	7
Tabla 2.2. Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2.3. Requerimientos en factores de interés.	17
Tabla 2.4. Tamaños de Muestra para las Variables de Respuesta.	19
Tabla 2.5. Plan de Verificación de Factores.	21
Tabla 2.6. Resumen del análisis de factores.	26
Tabla 2.7. Análisis 5 ¿Por qué's?	28
Tabla 2.8. Soluciones propuestas.	29
Tabla 2.9. Plan de implementación de soluciones.....	31
Tabla 2.10. Selección de modelo matemático.....	36
Tabla 2.11. Costos de transporte por km.....	38
Tabla 2.12. Ventana de tiempo.....	39
Tabla 2.13. Lista de librerías utilizadas.	42
Tabla 3.1. Resultados de Prueba Piloto.	46

CAPÍTULO 1

1. Introducción

La planificación de rutas para la distribución de producto representa un gran desafío para muchas industrias pues requieren utilizar de manera efectiva y eficiente los recursos de la compañía, además que es necesario tener una mayor capacidad de respuesta con el fin de ajustarse a las cambiantes necesidades del día a día.

La actividad principal de la empresa es la comercialización interna de Gas Licuado de Petróleo (GLP), que desde sus inicios se convierte en producto de gran demanda para el uso doméstico, comercial e industrial del país. Más del 88% de GLP es importado y el 89% del costo real es subsidiado por el Estado. Los productos que maneja pueden clasificarse en productos canalizados y productos a granel. Para la distribución de los cilindros de GLP, la empresa no cuenta con una flota de vehículos propia por lo que se necesita contratar vehículos con diferentes capacidades y restricciones legales. Debido a la variación en las dimensiones y características de los vehículos, la flota se considera heterogénea. [1]

Actualmente el Reglamento de Actividades de Comercialización de Derivados del Petróleo, establece requisitos y responsabilidades que la empresa debe cumplir con el Estado Ecuatoriano, entre las más importantes tenemos la del servicio público correspondiente al Art.4:

“La comercialización de derivados del petróleo o derivados del petróleo y sus mezclas con biocombustibles, de acuerdo con el artículo 68 de la Ley de Hidrocarburos, es un servicio público que deberá ser prestado respetando los principios señalados en la Constitución de la República. Este servicio no podrá suspenderse, salvo caso fortuito o fuerza mayor debidamente aceptado por la ARCH. (RACDP, 2015, p.3)”.

En primer instancia el diagnóstico inicial de la empresa permite conocer cómo se lleva a cabo la planificación de las rutas de distribución, además de sus restricciones de costos, legales y sociales, ya que la forma en que se gestionen refleja si existe una comunicación efectiva entre las diferentes áreas involucradas, de no ser así, esto provoca retrasos en la planificación y por lo tanto una insatisfacción a los clientes.

Con el desarrollo de este proyecto se contribuye al objetivo de la empresa, mejorando su proceso de planificación de rutas y conservando los clientes al tener capacidad para captar y satisfacer mejor su creciente mercado.

1.1 Descripción del problema

El proyecto se lleva a cabo en el área de Logística Comercial, donde se evidencia el siguiente problema enfocado:

Actualmente en Guayaquil, según los datos históricos del 2016 y 2017, el porcentaje promedio de satisfacción de los clientes es del 87%, sin embargo la compañía espera alcanzar en el mejor caso una satisfacción del 92%.

1.1.1 Variable de medición

La variable de medición considerada para el desarrollo del proyecto es:

- **Porcentaje Promedio de Satisfacción de los Clientes.**

Corresponde al porcentaje de clientes satisfechos de la ciudad de Guayaquil con respecto a la entrega del producto de GLP en presentación 15Kg.

Se define como la representación porcentual de la satisfacción al cliente tomando en cuenta la cantidad de producto entregado junto con la cantidad que se planifica entregar. Este porcentaje es un valor independiente para cada uno de ellos sin embargo con su promedio podemos obtener un resultado para todos los clientes involucrados en la red de distribución (**Ver ecuación 1.1**).

$$\text{Porcentaje Promedio de Satisfacción del Clientes} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CPE\ i}{CPP\ i}}{TC} \quad (1.1)$$

Esta variable es importante recolectar, pues, se evidencia un bajo porcentaje de satisfacción del cliente, el cual debe ser aumentado para agilizar el proceso de planificación de rutas.

1.1.2 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto incluye los procesos de generación de pedidos, planificación de rutas de distribución y transportación del producto desde que el cliente genera el pedido, el planificador realizar la asignación de rutas a camiones disponibles hasta que los transportistas entregan el producto final a las zonas especificadas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Mejorar el proceso de planificación de rutas de distribución en Guayaquil de la presentación 15 kg de GLP con la finalidad de incrementar en un 2% el porcentaje promedio de satisfacción del cliente manteniendo los costos actuales de transporte.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la situación actual de la compañía GLP para detectar problemas en el proceso de planificación de rutas de distribución.
- ✓ Establecer planes de acción para la medición y análisis de datos en la planificación de rutas de distribución para encontrar causas raíces del problema.
- ✓ Establecer propuestas de mejora para aumentar el porcentaje de satisfacción de los clientes de la compañía GLP.
- ✓ Simular las mejoras propuestas para diferenciar y conocer el impacto de las implementaciones versus la situación inicial.

1.3 Marco Teórico

Six Sigma

Es una metodología centrada en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos en la entrega de un producto o servicio al cliente. Entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente. [2]

DMAIC

Es una metodología basada en hechos con el fin de mejorar los procesos. Forma parte integral de una iniciativa de Six Sigma y se encuentra enfocada en la implementación rápida de soluciones. Está compuesta por las siguientes etapas: [3]

Definir

En esta etapa es importante identificar los procesos que deben ser mejorados además de las necesidades del cliente, con la finalidad de definir el problema y a sus participantes. Se utilizó la herramienta 4W+2H para la definición del problema y el diagrama SIPOC para determinar el alcance del proyecto. [4]

Medir

Esta etapa tiene como objetivo entender el funcionamiento actual de problema, se establece un plan de medición que permita definir parámetros que aseguren la confiabilidad de la data. [3]

Analizar

Conocida como la etapa inicial del análisis estadístico del problema descrito, su propósito es saber que variables son significativas para la variable de salida descrita en el objetivo. Se utilizan herramientas como lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, técnica 5 por qué, entre otras. [5]

Mejorar

Etapa importante debido a que identifica las características del proceso que se pueden mejorar con sus soluciones a corto, mediano y largo plazo, para eliminar o minimizar la causa del problema. [3]

Controlar

En esta etapa se definen las responsabilidades con el objetivo de que las soluciones propuestas junto con las mejoras se mantengan en el tiempo. [5]

SIPOC

El diagrama SIPOC es un esquema que permite visualizar al proceso de manera sencilla y general, determinando las entradas y salida de las cada etapa del proceso con su respectiva relación entre los proveedores y clientes. [6]

VOC – Voz del Cliente

Esta herramienta tiene como objetivo recolectar información proveniente del beneficiario principal del producto acerca de sus necesidades. Los requerimientos del cliente se obtienen mediante entrevistas, encuestas, grupos focales, entre otros. [7]

Matriz de Esfuerzo versus Impacto

Esta herramienta permite resumir visualmente los pros y contras de posibles soluciones al problema. Además, permite establecer prioridades al momento de escoger la solución más adecuada tomando en cuenta dos criterios: a) nivel de dificultad para implementar la solución; b) nivel de impacto de beneficios al momento de resolver el problema. [8]

Técnica 5 por qué's

La herramienta 5 por qué's permite llegar a la causa raíz del problema, debido a que consiste en realizar una serie de preguntas hasta llegar a las razones subyacentes. [9]

CAPÍTULO 2

2. Metodología

Para este proyecto la metodología a utilizar es la filosofía Six Sigma, la misma que está compuesta por la etapa de Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control, con la finalidad de reducir o eliminar los defectos que actualmente se presentan en el proceso de planificación de las rutas de distribución del producto.

A continuación, se presentan las actividades que se realizan en cada una de las etapas y los instrumentos necesarios para llevarlas a cabo.

2.1 Etapa de Definición

Esta etapa comprende el levantamiento de información de las áreas de trabajo mencionadas anteriormente con la finalidad de definir el problema utilizando las herramientas: 4W+2H, SIPOC Y VOC.

2.1.1 Levantamiento de información

El proceso operativo de la empresa, con respecto a la entrega del producto, está conformado por procedimientos que van desde la generación del pedido por parte del distribuidor hasta la entrega del producto final que la realiza el transportista asignado. El flujo de estos procesos se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2. 1: Macro proceso del proceso operativo.

Fuente: Empresa analizada.

Una vez conocido el flujo del macro proceso de la empresa establecen las áreas de estudios, que comprenden Generación de pedidos y Planificación de rutas de distribución. En el **Apéndice A** se encuentra el diagrama de flujo de estos procesos.

Con el objetivo de concretar el proyecto para poder alcanzar los resultados esperados, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo y recursos, se utiliza la herramienta SIPOC observada en la Tabla 1 (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers Diagram) para proporcionar una vista macro del proceso de la planificación de rutas de distribución de cilindros de GLP y de sus partes involucradas.

Con la ayuda de este recurso se determina que este proyecto se enfoca en el mejoramiento de la cobertura social de una red de transporte de GLP, analizando el porcentaje promedio de satisfacción de la demanda de los clientes como variable de respuesta.

Tabla 2.1. Diagrama SIPOC para planificación de rutas de distribución de GLP

PLANIFICACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN DE CILINDROS DE GLP				
Proveedores	Inputs	Proceso	Outputs	Clientes
<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de Ventas • Proveedores de Servicio de Transporte • Gerencia • Departamento Legal • Agente de regulación y control hidrocarburífero – Ministerio de transporte y obras públicas – Municipios 	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de los Clientes • Costos de Transporte • Tiempos de viaje • Tiempos de despacho • Estructura de la red de Distribución • Capacidades de camiones • Objetivo Estratégico • Políticas de la compañía • Políticas Externas 	<pre> graph TD A[Generación del pedido] --> B[Ingreso de demanda a software] B --> C[Verificación de restricciones] C --> D[Asignación de vehículos a rutas] D --> E[Creación de plan de rutas de distribución] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de distribución de camiones en las rutas. • Capacidad total de flota. • Porcentaje de Cumplimiento de la demanda en unidades y pedidos • Porcentaje de incumplimiento de la demanda en unidades y pedidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportistas • Minoristas

Fuente: Empresa analizada, 2017.

Elaboración propia.

Se analiza el proceso de planificación de rutas de distribución diario, estableciendo los departamentos que proveen recursos e información, las entradas y salidas del proceso, los recursos necesarios, la información resultante de la planificación y los beneficios finales.

2.1.2 Declaración del problema

Para la declaración del problema se utiliza la herramienta 4W+2H en la que se plantean preguntas guías para la correcta formulación del mismo.

WHAT?	• El bajo porcentaje de satisfacción del cliente por el producto recibido.
WHERE?	• En la ciudad de Guayaquil.
WHO?	• Los clientes de la empresa.
WHEN?	• Todos los días, cuando se entrega el producto.
HOW MANY?	• Existe un 87% de satisfacción a los clientes, según los datos históricos del 2016 y 2017.
HOW?	• La meta de la empresa es que el porcentaje de satisfacción llegue al 89%

Figura 2. 2. Herramienta 4W+2H para declarar el problema.

Fuente: Empresa analizada, 2017.

Elaboración propia.

Utilizando la herramienta que se muestra en la Figura 2.2, la descripción del problema queda de la siguiente manera:

“Actualmente en Guayaquil, según los datos históricos del 2016 y 2017, el porcentaje promedio de satisfacción de los clientes es del 87%, sin embargo, la compañía espera alcanzar en el mejor caso una satisfacción del 89%”.

2.1.3 Identificación de necesidades del cliente

Es importante entender la situación actual del proceso con sus involucrados, para esto es esencial captar la percepción de todas las partes interesadas acerca del trabajo a realizarse. Por lo tanto, se realizan entrevistas verbales enfatizando su requerimiento principal como se muestra a continuación en la Figura 2.3.



Figura 2. 3. VOC.

Fuente: Empresa analizada, 2017.

Elaboración propia.

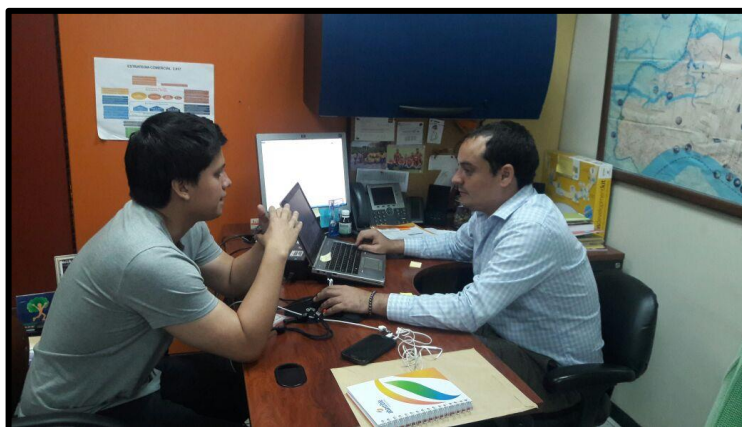


Figura 2. 4: Conversación con Planificador de rutas de distribución

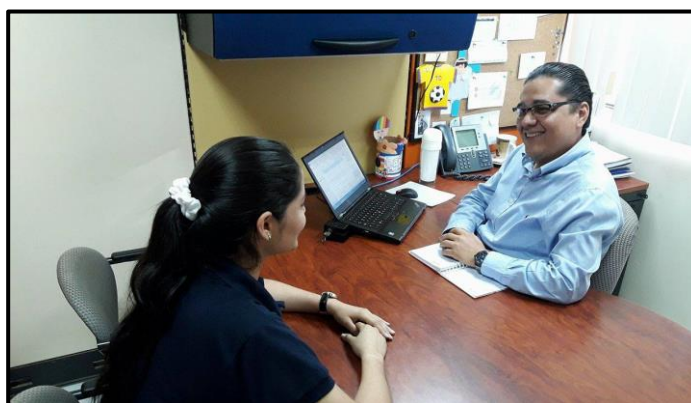


Figura 2. 5: Conversación con Gerente de Operaciones

2.2 Etapa de Medición

Esta etapa tiene como objetivo determinar las variables que tienen influencia sobre el porcentaje promedio de satisfacción de los centros de distribución que actualmente está en un 87%. Por lo tanto, se levanta información sobre el proceso de planificación de distribución con la finalidad de obtener una mejor visión de los posibles causantes del problema.

2.2.1 Proceso de planificación de rutas de distribución

Fue necesario conocer el estado actual del proceso de planificación de rutas de distribución identificando las oportunidades de mejora. Se realiza un diagrama de flujo y en la Figura 2.6, se puede observar a detalle el proceso, en el cual se describe paso a paso las actividades del mismo.

Diagrama de proceso "PLANIFICACIÓN DE RUTAS DE GLP"

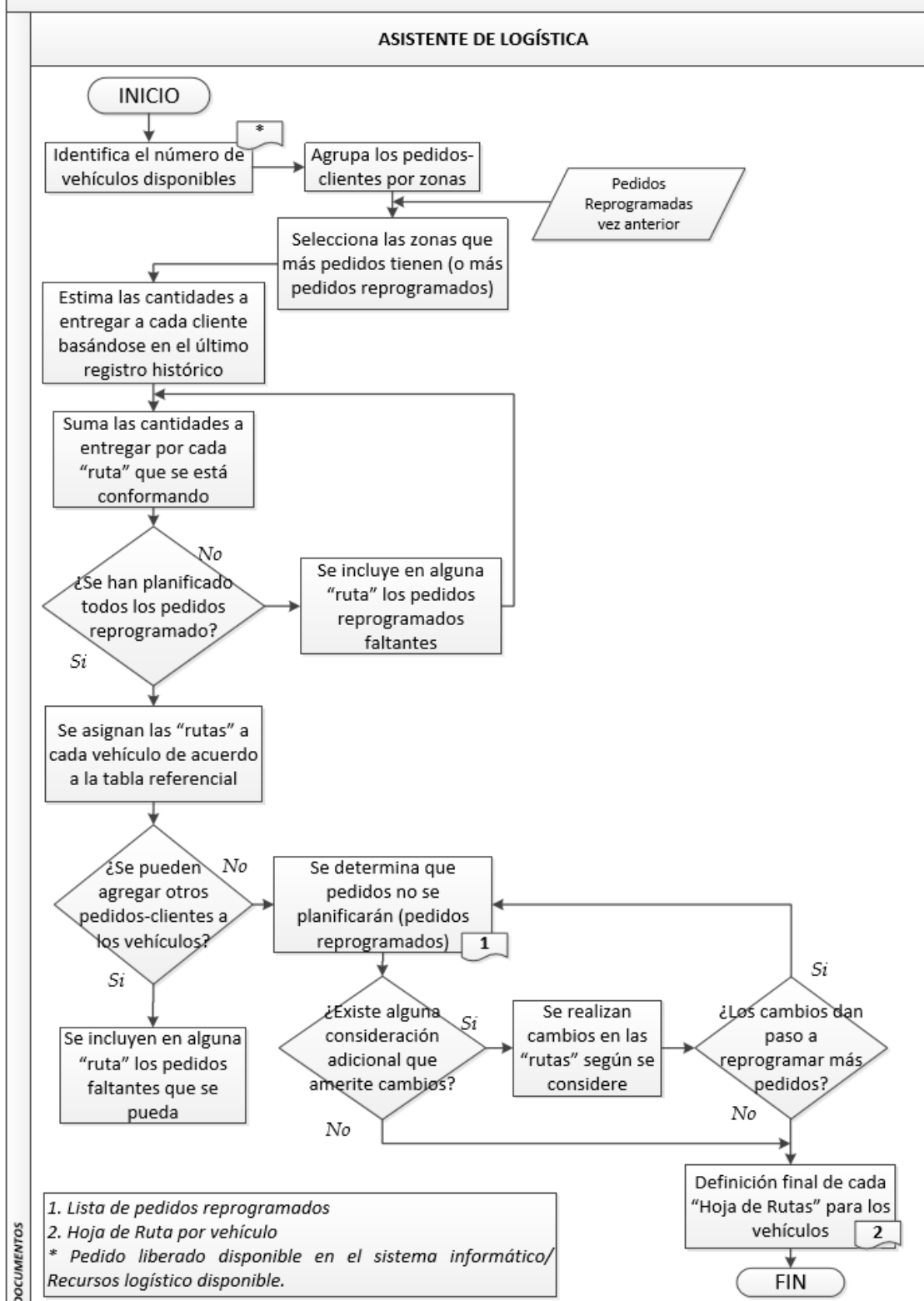


Figura 2. 6. Diagrama de proceso de planificación de rutas de GLP

Fuente: Empresa analizada, 2017.

Elaboración propia

Actualmente este proceso se realiza 1 vez al día, aproximadamente a las 5pm, para asignar los vehículos disponibles a las rutas de distribución dependiendo de la demanda actual generada, esto se puede validar en [13] que presenta un estudio previo realizado en una empresa similar a la evaluada en este proyecto, la misma que presenta un proceso de planificación semejante.

2.2.2 Plan de Recolección de Datos

Para analizar a detalle las variables que se involucran directamente con el proceso de distribución y entrega de GLP, se elabora un plan de recolección identificando las variables a medir y la influencia que tienen directamente con el proceso de despacho. Una vez obtenida la información ordenada, se diseña el formato de los datos para ser medidos.

Variables de Respuestas y KPI.

Durante la etapa de medición se determina dos variables de respuesta que están directamente relacionados con el objetivo del proyecto. Con el propósito de recolectar datos relacionados a las variables de interés es necesario considerar un plan de medición para las mismas. A continuación, se presentan las variables:

- Y_1 : Cantidad de producto entregada a Cliente i (CPE).
- Y_2 : Cantidad de Producto Planificada para Cliente i (CPP).

Adicionalmente se considera la siguiente constante que también está involucrada:

C_3 : Número total de Clientes (TC).

En este caso específico el indicador clave de rendimiento (KPI) relacionado con el cumplimiento del objetivo del proyecto es el Porcentaje Promedio de Satisfacción de los Clientes: Es la función de estas dos variables y constante.

(Ver ecuación 2.1)

$$\text{Porcentaje Promedio de Satisfacción del Clientes} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CPE\ i}{CPP\ i}}{TC} \quad (2.1)$$

Factores de interés.

Adicional a las variables descritas en la sección anterior, se realizan entrevistas a los dueños de los centros de distribución de GLP en la zona Norte de la ciudad de Guayaquil, en ella se menciona una introducción al

problema actual y preguntas abiertas respecto a su satisfacción. Como resultado de las conversaciones mantenidas con los clientes se determinan factores que afectan de forma sustancial a la planificación de rutas de distribución tomando en cuenta los factores mencionados y adicionalmente los factores de medición que el personal de la compañía también considera importante, ellos son escogidos para la etapa de medición.

Estos factores de interés seleccionados para ser medidos son:

- X_1 : Cumplimiento del pedido
- X_2 : Cantidad de pedidos planificados
- X_3 : Tiempo de entrega de producto
- X_4 : Costo total de distribución
- X_5 : Cantidad de camiones disponibles: Camiones disponibles para la primera vuelta, la segunda vuelta y la tercera vuelta.
- X_6 : Capacidad de camión
- X_7 : Ventana de tiempo para distribución: Se ha tomado en consideración tres
- X_8 : Ubicación de los centros de distribución
- X_9 : Tipo de camión

Las variables y factores mencionados deben contar con un registro inicial para poder conocer la situación actual de la percepción de los clientes respecto al proceso de despacho, debido a lo mencionado, es esencial el desarrollo de un plan de medición para cada una de ellas.

A continuación, se presenta en la Tabla 2 un plan de recolección de datos que muestra el detalle de los procedimientos establecidos para la medición de cada variable descrita:

Tabla 2.2. Plan de recolección de datos.

Plan de Recolección de Datos							
Nomenclatura	Qué medir (What)	Unidad de medición	Donde medir (Where)	Muestra (When)	Cómo recolectar (How)	Por qué recolectar (Why)	Persona a cargo (Who)
Y1	Cantidad de producto entregado a cliente	Número de producto entregado a distribuidor	Centro de distribución	Durante la sesión de la toma de datos	Preguntar a los distribuidores si el pedido ha llegado	Variable de respuesta: Se busca observar qué factores tienen influencia sobre la cantidad de producto entregado al cliente	Líderes de proyectos
Y2	Cantidad de producto planificada para cliente	Número de producto planificado para su entrega	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Variable de respuesta: Se busca observar qué factores tienen influencia sobre la cantidad de producto planificado para el cliente	Líderes de proyectos
X1	Cumplimiento de pedido	Porcentaje de cumplimiento de pedido	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar el porcentaje de cumplimiento de los pedidos	Líderes de proyectos
X2	Cantidad total de pedidos planificado	Número de pedido planificado	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar las cantidades de pedido planificado a cumplir	Líderes de proyectos
X3	Tiempo promedio de entrega de producto	Hora	Centro de distribución	Al inicio en la etapa de medición	Escribir hora de salida del camión del depósito y la de llegada al distribuidor	Permite determinar la hora de llegada del camión al distribuidor	Líderes de proyectos
X4	Costo total de distribución	US\$	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar el costo total de la ruta de distribución	Líderes de proyectos

X5	Cantidad de camiones disponibles	Número de camiones disponibles para distribuir	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar el número de camiones disponibles para la planificación de las rutas	Líderes de proyectos
X6	Capacidad de camión	Número de cilindros que caben en el camión	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar el número de cilindros que puede trasladar el camión	Líderes de proyectos
X7	Ventana de tiempo para distribución	1 turno de la mañana 2 turno de la tarde 3 turno de la noche	Centro de distribución	Al inicio en la etapa de medición	Observar, realizar encuestas a los distribuidores	Permite determinar si el turno tiene influencia con las planificaciones de las rutas de distribución	Líderes de proyectos
X8	Ubicación de los centros de distribución	Direcciones de los centros de distribución	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar si las ubicaciones de los distribuidores tienen influencia con las planificaciones de las rutas	Líderes de proyectos
X9	Tipo de camión	Adecuado o No adecuado	Base de datos	Al inicio en la etapa de medición	Solicitar al líder de logística de bases de datos	Permite determinar si el tipo de camión tiene influencia con las planificaciones de las rutas de distribución	Líderes de proyectos

Fuente: Empresa analizada, 2017.

Elaboración propia.

2.2.3 Recolección de Datos

Equipo de Recolección de Datos.

Las personas encargadas de la recolección de los datos fueron los líderes del proyecto, esta recolección de datos se realiza gracias a la ayuda brindada por los involucrados que se presentan en la figura 2.7, de izquierda a derecha tenemos a Johan Dreher (Gerente Comercial), Giovanny Martínez (Líder de Logística), Jorge Rugel (Supervisor de distribución) y a Jair Sisalema (Planificador logístico).



Johan Dreher



*Giovanny
Martínez*



*Jorge Rugel
Cobos*



*Jair Sisalima
Jiménez*

Figura 2. 7. Equipo de Recolección de Datos.

Recolección de Datos.

Para la medición de las variables y factores de interés en el proyecto se realizan entrevistas al azar a diez clientes de la ciudad de Guayaquil con respecto a su satisfacción como clientes de la empresa, tomando en cuenta tiempo de entrega, cumplimiento del pedido, costo del transporte y el trato con el chofer.

Las preguntas iniciales desarrolladas para la entrevista son abiertas para conocer el punto de vista general de los clientes, el objetivo es obtener requerimientos principales de los centros de distribución y definir preguntas para el cuestionario de la encuesta. Se seleccionan las variables y factores que los clientes consideran de interés en el proceso de despacho. A continuación, podemos ver en la Tabla 3 el resumen de la traducción de requerimientos en factores de interés para los clientes a ser medidos en la encuesta.

Tabla 2.3. Requerimientos en factores de interés.

Requerimiento	Datos para la Encuesta	Variables/Factores
Cumplimiento del Pedido	Cantidad de producto entregado	CPE
	Cantidad de producto pedido	CPP
	Entrega completa	X1: Entrega completa
Menor tiempo de Despacho	Tiempo de entrega deseado	X3: Hora promedio de entrega
	Tiempo de entrega no deseado	
Precio de transporte justo	Costo de transporte en dólar por producto	X4: Costo de transporte
Tiempo de despacho en el periodo establecido	Hora de apertura	X7: Ventana de tiempo
	Hora de cierre	
Información de la ubicación precisa	Dirección	X8: Dirección
	Tipo de vehículo	X9: Tipo de vehículo
Buena atención del conductor	Identificación del Conductor	Adicionales
	Tipo de Vehículo	
Documentos completos	Factura de transporte	
	Factura del producto	
Buena calidad del producto	Calidad actual del producto	

Fuente: Encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

Se puede evidenciar que existen factores obtenidos por los requerimientos de los clientes que son punto clave a medir en la percepción de una buena satisfacción, adicional a ellas se agregan también algunas que se consideran importantes medir por parte de la empresa. Usando como premisa los puntos de vista de la satisfacción del cliente se desarrolla el formulario de la encuesta.

Formulario Para Recolección de Datos.

A continuación, se presenta un cuestionario resuelto que permite visualizar la forma en que se realiza la recolección de datos de los clientes.

CUESTIONARIO PARA LOS DISTRIBUIDORES	
Objetivo:	Conocer las necesidades del distribuidor en lo que respecta a temas de despacho de producto, recopilar y validar información.
Fecha:	Temas: <ul style="list-style-type: none"> • Logística • Pedido Completo • Tiempo adecuado • Calidad adecuada • Transporte adecuado • Documentación adecuada.
Distribuidora:	Sauces VI Mz. 309 V. 8
Entrevistado:	José Quinteros
Preguntas sobre Variables	
1) ¿Qué cantidad de producto recibe en promedio por viaje?	Variable
150	Y1
2) ¿Qué cantidad de producto pide en promedio por viaje?	Variable
150	Y2
Preguntas sobre Factores	
3) ¿Recibe su carga completa?	Factor
a) si b) no	X1
4) ¿A qué hora le gustaría recibir su carga?	Factor
a) [6 am-10 am] b) [10 am- 14 pm] c) [14 pm - 18 pm]	X3
5) ¿En qué horario no le gustaría recibir su carga?	Factor
a) [6 am-10 am] b) [10 am- 14 pm] c) [14 pm - 18 pm]	X3
6) ¿Cuánto paga actualmente por el transporte del producto?	Factor
\$ 0.3404 / cilindro	X4
7) ¿Cuál es su hora de Apertura?	Factor
a) 6 am b) 6:30 am c) 7:00 am d) 7:30 am	X7
8) ¿Cuál es su hora de cierre?	Factor
a) 6 pm b) 6:30 pm c) 7:00 pm d) 7:30 pm	X7
9) ¿La dirección registrada es Correcta?	Factor
a) si b) no	X8
10) ¿El pedido le llega en el camión adecuado?	Factor
a) si b) no	X9
Preguntas Adicionales	
11) ¿La calidad del cilindro es el adecuado?	
a) si b) no	
12) ¿El trato del Chofer es el Adecuado?	
a) si b) no	
13) ¿La factura es la adecuada?	
a) si b) no	

Figura 2. 8. Formato de encuesta para recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Mediante el uso de este formulario se procede a levantar información de las variables y factores de interés para los clientes en el proceso de despacho. Se consideran las variables involucradas directamente con el porcentaje promedio de satisfacción del cliente, además se incluyen los factores de interés para el proyecto y en una etapa adicional que considera información de utilidad, pero no necesariamente ventajosa.

2.2.4 Validación de los datos

Los datos obtenidos de las entrevistas y encuestas a realizar son recolectados por los líderes del proyecto, siendo los encargados de identificar y tabular los resultados de cada una de ellas, por lo que se afirma que la información a recopilar es verídica, válida y confiable.

2.2.5 Prueba piloto y cálculo de tamaño de muestra

Una vez definido el formulario para la recolección de datos, se procede a realizar una prueba piloto con encuestas a 30 clientes de la ciudad de Guayaquil, estableciendo el número de encuestados de acuerdo con la forma de la recolección de datos, el cual es vía telefónica. Se determina el tamaño de muestra del estudio con un nivel de confianza del 95% y con un error de 10 cilindros. Para las variables de interés definidas en el formulario se calcula el tamaño de muestra usando la fórmula de varianza para poblaciones finitas.

$$n = \frac{N z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{(N - 1) \varepsilon^2 + z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2} \quad (3.1)$$

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la cantidad de producto entregado al cliente y la cantidad de producto planificado para el cliente.

Tabla 2.4. Tamaños de Muestra para las Variables de Respuesta.

Variable	Tamaño de Muestra
Y1: Cantidad de Producto entregado a cliente	45
Y2: Cantidad de Producto Planificado para el cliente	59

Fuente: Encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

De los tamaños de muestra obtenidos se considera el valor más alto que fue de 59, esto con el objetivo de asegurar que el muestreo asegure la representación de la realidad de las principales variables definidas. A partir

de este resultado y del formato previamente definido se procede a realizar la recolección de la totalidad de los datos mencionados.

2.3 Etapa de análisis

Se realiza un plan de verificación de variables para determinar la influencia de los factores sobre las variables de respuestas con su método de análisis, exponiendo cuales influyen significativamente con el porcentaje promedio de satisfacción al cliente.

En la figura 2.9 se muestra el esquema de herramientas estadísticas seleccionadas para el análisis de los diferentes grupos de datos recolectados.

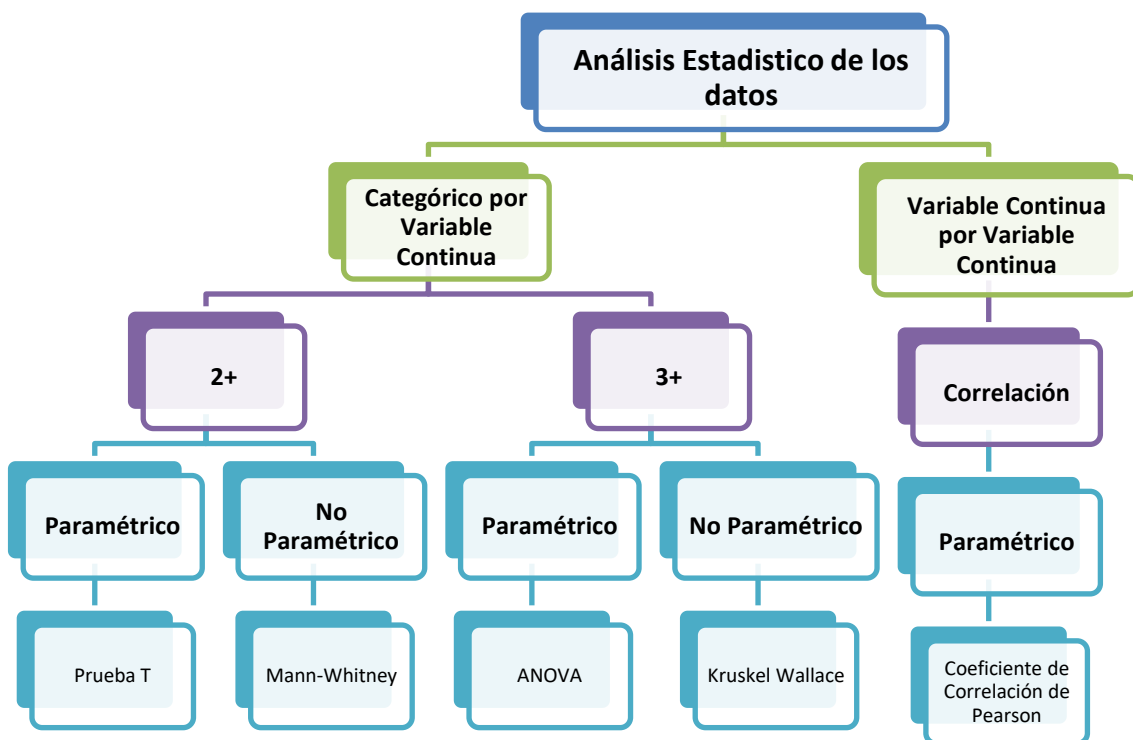


Figura 2. 9. Esquema de selección de herramientas estadísticas.

Fuente: Mark L. Berenson & David M. Levine , 2010.

Elaboración propia.

2.3.1 Plan de verificación de factores

En la Tabla 5 se presenta el plan de verificación de los factores con sus respectivos impactos sobre las variables de respuestas, además de los métodos a utilizar.

Tabla 2.5. Plan de Verificación de Factores.

Factores	Var. de respuesta	Impacto del factor	Método de verificación
X1: Cumplimiento de pedido	Y1,Y2,KPI	El cumplimiento o incumplimiento del pedido influye de manera directa o indirecta a la satisfacción al cliente, debido a que toma en cuenta las rutas que deben seguir los camiones y que clientes deben satisfacer.	Herramientas: Prueba T, Mann-Whitney
X2: Cantidad total de pedidos planificado	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución de la cantidad total de cilindros que se despacha según la planificación se encuentra directamente relacionado con la satisfacción de los clientes debido a que esta debe ser la cantidad real que reciba el cliente.	Herramientas: Análisis de regresión general.
X3: Tiempo promedio de entrega de producto	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución del tiempo de entrega del producto genera impacto en la satisfacción del cliente puesto que si se entrega el pedido en el tiempo requerido que se tiene establecido se logra un mejor cumplimiento de la planificación y por ende mayor cobertura de abastecimiento de los clientes.	Herramientas: Análisis de regresión general.
X4: Costo total de distribución	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución del valor que paga el cliente por el servicio de distribución crea un impacto en las variables de respuesta debido a que si se tiene una mayor demanda se debe tener un mayor costo de distribución debido a que el costo de distribución es manejado por cantidad de producto.	Herramientas: Prueba T
X5: Cantidad de camiones disponibles	Y1,Y2,KPI	La cantidad de camiones disponibles se encuentra relacionada directamente a la capacidad que se tiene para abastecer a los clientes y por ende afecta directamente la satisfacción	Herramientas: ANOVA, Kruskall-Wallis, diagrama de cajas.
X6: Capacidad de camión	Y1,Y2,KPI	Tener una mayor o menor capacidad en los camiones disponibles para abastecimiento a los clientes determina la capacidad de distribución que se encuentra directamente relacionado a la cantidad de pedidos cumplidos y por consecuente a la satisfacción del cliente.	Herramientas: ANOVA, Kruskall-Wallis, diagrama de cajas.
X7: Ventana de tiempo para distribución	Y1,Y2,KPI	Seleccionar la correcta ventana de tiempo en la que se entrega el producto al cliente genera un impacto en la percepción del servicio al cliente y reduce eventualidades que generan un incumplimiento de los pedidos planificados que se encuentran directamente relacionados con la variable de respuesta.	Herramientas: ANOVA, Kruskall-Wallis, diagrama de cajas, Mann Whitney.
X8: Ubicación de los centros de distribución	Y1,Y2,KPI	De la ubicación de los clientes depende la facilidad que tiene el vehículo para realizar el despacho y por ende afecta directamente al cumplimiento del pedido y la variable de respuesta.	Herramientas: ANOVA, Kruskall-Wallis, diagrama de cajas.
X9: Tipo de camión	Y1,Y2,KPI	El tipo de camión afecta directamente a la satisfacción del cliente debido a las restricciones de tráfico que existe en la zona rural analizada puesto que no todos los camiones son adecuados para todas las ubicaciones de los clientes.	Herramientas: Diagrama de cajas, prueba t de 2 muestras, análisis de regresión

Fuente: Encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia

2.3.2 Análisis estadísticos de los factores

Una vez definido el plan de verificación de factores se realiza el análisis estadístico para los 9 factores contra las variables de respuesta (Y1 y Y2) y el KPI (Porcentaje promedio de satisfacción al cliente). A continuación se presentan, de modo ilustrativo, a sólo 3 de ellas y una tabla resumen de la influencia que presentan éstas sobre las variables de respuesta. En el **Apéndice A** se encuentra todas las pruebas estadísticas realizadas.

X1: Cumplimiento de pedido

Para comprobar si el factor de cumplimiento del pedido genera influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente se realiza una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

H_0 : El cumplimiento del pedido no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H_1 : El cumplimiento del pedido tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,000 se rechaza la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que el cumplimiento del pedido sí tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente y pasa a ser tomado en cuenta en la fase de mejora. En la figura 2.10 se muestra la tabla de las desviaciones de este análisis presentadas por Minitab.

T de dos muestras para KPI (NO) vs. KPI (SI)

Tabla de desviaciones

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
KPI (NO)	34	0.698	0.168	0.029
KPI (SI)	25	0.9960	0.0200	0.0040

Diferencia = μ (KPI (NO)) - μ (KPI (SI))
Estimado de la diferencia: -0.2980
IC de 95% para la diferencia: -0.3572, -0.2388)
Prueba T de diferencia= 0 (vs. no =): Valor T= -10.23 **Valor P = 0.000** GL=-34

Figura 2. 10. Prueba de T de dos muestras para KPI (No) vs KPI (Si)

Fuente: Minitab 17, 2017.

Elaboración propia.

X7: Ventana de tiempo para distribución

Para comprobar si el factor de ventana de tiempo para distribución genera influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente se realiza un ANOVA en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

H_0 : La ventana de tiempo de distribución no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H_1 : La ventana de tiempo de distribución tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,043 se rechaza la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente y pasa a ser tomado en cuenta en la fase de mejora. En la figura 2.11 se muestra la tabla del análisis de varianza presentada por Minitab.

Análisis de varianza: % de satisfacción del cliente vs Ventana de tiempo de distribución

Análisis de Varianza				
Fuente	GL	Desv. ajust.	Media ajust.	Chi-cuadrada
Ventana de tiempo	2	0,04327	0,02163	0,80
Error	56	1,51048	0,02697	
Total	58	1,55375		

Valor p: 0,043

Figura 2. 11. Análisis de varianza para Porcentaje de satisfacción vs Ventana de tiempo para distribución.

Fuente: Minitab 17, 2017.

Elaboración propia.

Además se realiza un diagrama de cajas (Figura 2.12) en el que se puede observar que efectivamente existe diferencia significativa entre las medianas del porcentaje de satisfacción del cliente con respecto a la ventana de tiempo de distribución.

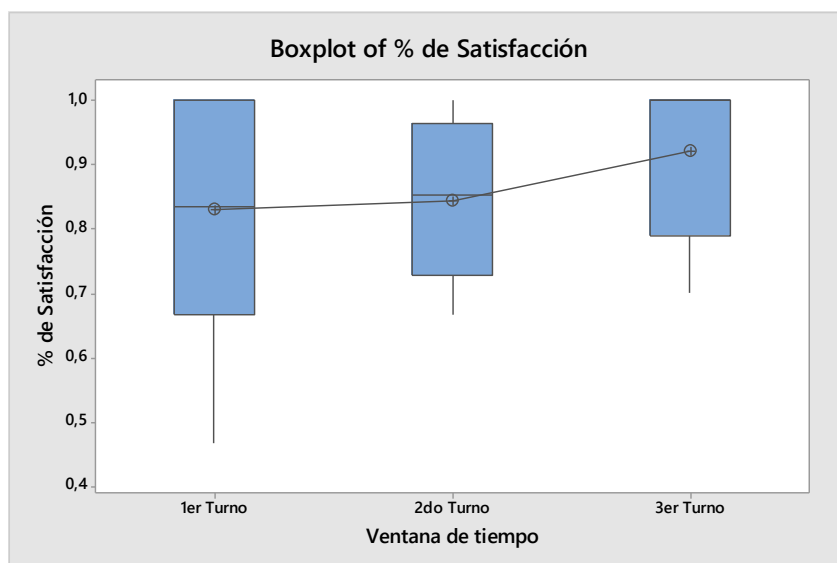


Figura 2. 12. Diagrama de cajas para factor ventana de tiempo por turno.

Fuente: Minitab 17, 2017.

Elaboración propia.

X8: Ubicación de los centros de distribución

Para comprobar si el factor de ubicación de los centros de distribución genera influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente se realiza una prueba Kruskal-Wallis en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

H₀: La ubicación de los centros de distribución no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H₁: La ubicación de los centros de distribución tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,036 se rechaza la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente y pasa a ser tomado en cuenta en la fase de mejora. En la figura 2.13 se muestra la tabla del análisis de medias presentada por Minitab.

Kruskal-Wallis Test: % de Satisfacción versus Lugar (Parroquia)					
Lugar (Parroquias)	N	Median	Ave Rank	Z	
Febres Cordero	7	0,9000	34,2	0,69	
Letamendi	2	0,6833	14,0	-1,34	
Pascuales	2	1,0000	47,0	1,42	
Tarqui	33	0,8333	28,7	-0,63	
Ximena	15	0,8500	30,7	0,17	
Overall	59		30,0		

H = 11,32	DF = 4	P = 0,036	
H = 11,67	DF = 4	P = 0,032	(adjusted for ties)

Figura 2. 13. Análisis de medias para Porcentaje de satisfacción vs Ubicación de centros de distribución.

Fuente: Minitab 17, 2017.

Elaboración propia.

Además se realiza un diagrama de cajas (Figura 2.14) en el que se puede observar que efectivamente existe diferencia significativa entre las medianas del porcentaje de satisfacción del cliente con respecto a la ubicación de los centros de distribución.

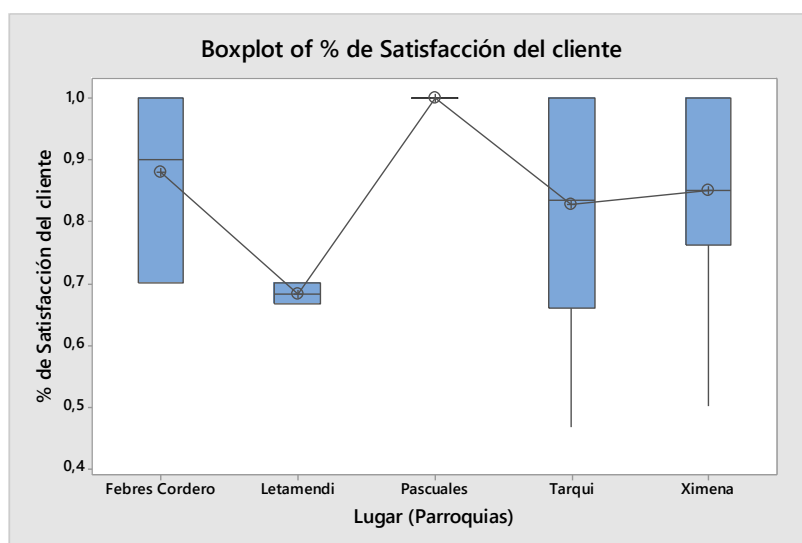


Figura 2. 14: Diagrama de cajas para factor ubicación de los distribuidores por parroquia.

Fuente: Minitab 17, 2017.

Elaboración propia.

Tabla resumen del análisis

En la Tabla 7 se muestra una sinopsis de los resultados de las pruebas estadísticas realizadas a los factores, en él se identifica la influencia que tienen hacia las variables de respuestas y el KPI. En el Apéndice A se encuentra completa la tabla de los resultados.

Tabla 2.6. Resumen del análisis de factores.

Factor	Método de verificación	Valor p	Conclusión	Estado del factor
X ₁ : Cumplimiento de pedido	Prueba T: % de satisfacción al cliente vs Cumplimiento de pedido	0,000	Se rechaza H ₀ , el cumplimiento de pedido si tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	Influye
X ₂ : Cantidad total de pedidos planificado	Análisis de regresión: % de satisfacción al cliente vs cantidad total de pedidos planificados	0,000	Se rechaza H ₀ , la cantidad total de pedidos planificado si tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	Influye
X ₃ : Tiempo promedio de entrega de producto	Análisis de regresión: % de satisfacción al cliente vs Tiempo promedio de entrega de producto	0,000	Se rechaza H ₀ , el tiempo promedio de entrega de producto si tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	Influye
X ₄ : Costo total de distribución	Pareto	*	Se consideran constantes en el proceso	No influye
X ₅ : Cantidad de camiones disponibles	Pareto	*	Se consideran constantes en el proceso	No influye
X ₆ : Capacidad de camión	ANOVA: % de satisfacción al cliente vs Capacidad de camión	0,712	No se rechaza H ₀ para la capacidad de camión, no hay suficiente evidencia estadística para concluir que la capacidad de camión tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	No influye
X ₇ : Ventana de tiempo para distribución	ANOVA: % de satisfacción al cliente vs ventana de tiempo distribución	0,043	Se rechaza H ₀ , la ventana de tiempo si tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	Influye
X ₈ : Ubicación de los centros de distribución	ANOVA: % de satisfacción al cliente vs ubicación de los centros distribución	0,036	Se rechaza H ₀ , la ubicación de los centros de distribución si tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	Influye
X ₉ : Tipo de camión	Prueba T: % de Satisfacción al cliente vs tipo de camión	0,724	No se rechaza H ₀ para el tipo de camión, no hay suficiente evidencia estadística para concluir que el tipo de camión tiene influencia sobre el satisfacción al cliente	No influye

Fuente: Encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

Los factores que tienen influencia sobre el porcentaje de satisfacción al cliente son:

- X_1 : Cumplimiento del pedido
- X_2 : Cantidad de pedidos planificados
- X_3 : Tiempo de entrega de producto
- X_7 : Ventana de tiempo para distribución
- X_8 : Ubicación de los centros de distribución

2.3.3 Análisis 5 ¿Por Qué's?

Una vez seleccionadas las variables que poseen influencia sobre el KPI se procede a realizar un análisis 5 porqués para determinar la causa raíz de los problemas con el objetivo de erradicarlo o solucionarlo. Ésta técnica consiste en realizar preguntas acerca del problema hasta llegar a su causa raíz. Como resultado del análisis se detectan 5 problemas específicos en el proceso analizado. Además cabe mencionar que se encuentra que el sistema de intercambio de información entre los involucrados en el proceso de despacho del producto no es el adecuado (ver Tabla 7).

Tabla 2.7. Análisis 5 ¿Por qué's?

¿Qué?	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	Causa Raíz
1) Cuando no se cumple con el pedido de un cliente, el porcentaje promedio de satisfacción baja.	<i>Porque no estaba incluido en la planificación del día</i>	<i>Porque no se cuenta con la capacidad de camiones necesaria para abastecerlo</i>		1) El número actual de camiones no cubre con la demanda.
2) Cuando no se planifica la demanda esperada del cliente, el porcentaje promedio de satisfacción baja.	<i>Porque no se cuenta con la capacidad de camiones disponibles para cumplir con los requerimientos del cliente</i>	<i>Porque los camiones asignados no son los adecuados para despachar toda la demanda de los clientes</i>		2) El proceso actual de planificación de rutas no considera los tipos de camiones que se tiene disponibles para el despacho
3) Cuando el tiempo promedio de entrega del producto aumenta genera un desfase en la planificación, por lo tanto disminuye el porcentaje promedio de satisfacción al cliente	<i>Porque se generan contratiempos en el proceso operativo de despacho</i>	<i>Porque los transportistas no conocen a detalle las rutas y ubicaciones asignadas</i>	<i>Porque existe una mala comunicación entre el departamento de planificación y los transportistas</i>	3) Deficiente intercambio de información entre los involucrados del proceso.
4) Cuando el despacho se realiza en una ventana de tiempo inadecuada ocasiona desfase en la planificada y como consecuencia baja el porcentaje promedio de satisfacción	<i>Porque no es la ventana de tiempo esperada por el cliente para realizar la recepción del producto</i>	<i>Porque no se considera la disponibilidad de recepción de servicio del cliente en la planificación</i>	<i>Porque existe una mala comunicación entre el departamento de planificación, transportistas y los clientes</i>	4) Deficiente intercambio de información entre los involucrados del proceso.
5) Cuando no se despacha a los clientes ubicados en las zonas más lejanas ocasiona que el porcentaje promedio de satisfacción del cliente baje.	<i>Porque no se considera en la planificación diaria a las locaciones más lejanas del centro de distribución</i>	<i>Porque se tiene como prioridad la minimización de costo de transporte y alcance geográfico</i>		5) El actual proceso de planificación de la rutas no considera la cobertura social sin aumentar el costo de transporte.

Fuente: Análisis de datos de encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

2.4 Etapa de mejora

Esta etapa tiene como objetivo establecer alternativas de solución para las causas determinadas en la etapa de análisis. En esta sección se detalla por qué el Modelo Matemático de Ruteo es escogido como la solución de mayor impacto para el problema del variante porcentaje de satisfacción al cliente.

2.4.1 Soluciones propuestas

En la Tabla 8 se encuentran detalladas las causas y las soluciones propuestas para cada una de ellas.

Tabla 2.8. Soluciones propuestas.

Causa Verificada	Causa raíz	Solución propuesta
1) Cuando no se cumple con el pedido de un cliente, el porcentaje promedio de satisfacción baja.	1) El número actual de camiones no cubre con la demanda.	Diseñar un modelo matemático para optimizar el proceso de planificación de rutas y considerar las restricciones. Comprar camiones para satisfacer las demandas de los clientes lejanos.
2) Cuando no se planifica la demanda esperada del cliente, el porcentaje promedio de satisfacción baja.	2) El proceso actual de planificación de rutas no considera los tipos de camiones que se tiene disponibles para el despacho	Diseñar un modelo matemático para optimizar el proceso de planificación de rutas y considerar las restricciones.
3) Cuando el tiempo promedio de entrega del producto aumenta genera un desfase en la planificación, por lo tanto disminuye el porcentaje promedio de satisfacción al cliente	3) Deficiente intercambio de información entre los involucrados del proceso.	Desarrollar una aplicación de intercambio de información con los involucrados del proceso. Reestructurar el mensaje de asignación de camiones que proporciona la empresa a los distribuidores
4) Cuando el despacho se realiza en una ventana de tiempo inadecuada ocasiona desfase en la planificada y como consecuencia baja el porcentaje promedio de satisfacción	4) Deficiente intercambio de información entre los involucrados del proceso.	Desarrollar una aplicación de intercambio de información con los involucrados del proceso. Reestructurar el mensaje de asignación de camiones que proporciona la empresa a los distribuidores Establecer un horario predeterminado de entrega que conozca el distribuidor.
5) Cuando no se despacha a los clientes ubicados en las zonas más lejanas ocasiona que el porcentaje promedio de satisfacción del cliente baje.	5) El actual proceso de planificación de las rutas no considera la cobertura social sin aumentar el costo de transporte.	Diseñar un modelo matemático para optimizar el proceso de planificación de rutas y considerar las restricciones.

Fuente: Análisis de datos de encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

2.4.2 Evaluación y selección de soluciones

Es importante identificar cuál de ellas son factibles de implementar y mediante la ayuda de una matriz de impacto, herramienta de decisión basada en el impacto de la solución considerando la dificultad de su implementación.

Teniendo en consideración las siguientes soluciones:

1. Diseñar un modelo matemático que considere cobertura social en el proceso de planificación de rutas, manteniendo los costos actuales
2. Desarrollar una aplicación de intercambio de información con los involucrados del proceso.
3. Reestructurar el mensaje de asignación de camiones que proporciona la empresa a los distribuidores.
4. Comprar camiones para satisfacer las demandas de los clientes lejanos.
5. Establecer un horario predeterminado de entrega que conozca el distribuidor.

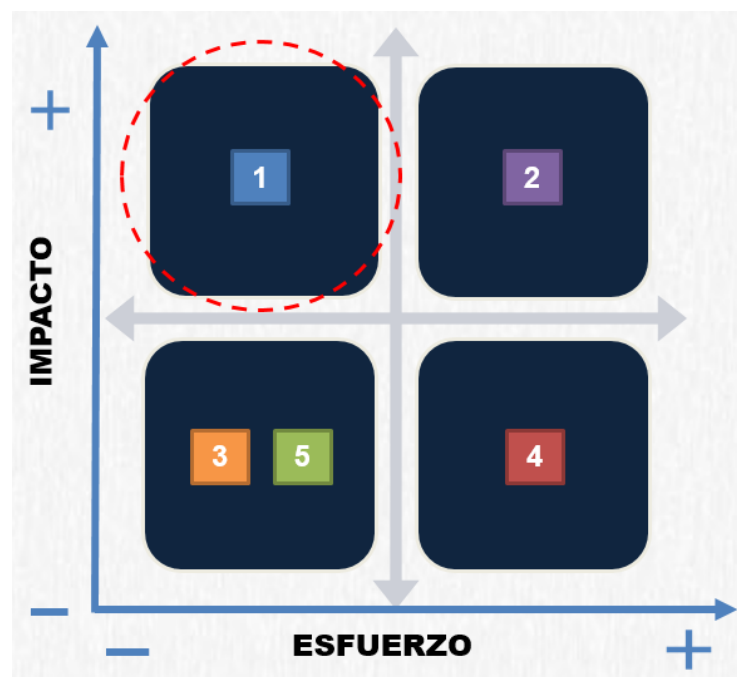


Figura 2. 15: Matriz de Impacto-Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Además para la decisión de la solución se consulta con las necesidades de la empresa, así como al personal involucrado en las actividades diarias del proceso de planificación de rutas, determinando que el diseño de un modelo

matemático de ruteo que contemple la cobertura social y mantenimiento de costos actuales de transportes es la solución de mayor impacto y factible implementación.

Entre los factores influyentes para construir el modelo son:

- X_1 : Cumplimiento del pedido.
- X_2 : Cantidad de pedidos planificados.
- X_5 : Cantidad de camiones disponibles.
- X_6 : Capacidad de camión.
- X_8 : Ubicación de los centros de distribución
- X_9 : Tipo de camión.

2.4.3 Diseño de mejoras

En esta etapa es necesario considerar un plan de implementación de la solución, con el objetivo de seguir un proceso estructurado en las distintas fases del mismo. En la Tabla 9 podemos observar el detalle.

Tabla 2.9. Plan de implementación de soluciones.

Causa Raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Costo?	¿Cuándo?	Estado
La empresa no utiliza un modelo matemático que considere cobertura social y tipos de camiones en el proceso de planificación de rutas.	Diseñar un modelo matemático que considere cobertura social en el proceso de planificación de rutas, manteniendo los costos actuales.	Porque el porcentaje promedio de satisfacción al cliente es bajo, debido a que depende de la entrega completa del pedido y que en su mayoría no satisfacen la demanda.	Departamento de logística comercial, en el proceso de planificación de rutas para cilindros de presentación de 15 kg.	Líderes del proyecto	Sin Costo	28 de agosto 2017	Formulación

Fuente: Análisis de datos de encuesta a distribuidores, 2017.

Elaboración propia.

La solución consiste en el uso de teoría de investigación de operaciones junto con programación para lograr obtener una solución factible para aplicación de la empresa.

CONCEPTOS RELEVANTES PREVIOS A LA SELECCIÓN DEL MODELO

Problemas de Ruteo

Los problemas de ruteo también conocidos en inglés como Vehicle Routing Problems (VRP), son problemas de tipo logístico que han sido exitosamente solucionados gracias a la aplicación de la investigación de operación utilizando modelos matemáticos específicos y de optimización. Podemos definir un VRP como un problema de determinación de rutas factibles para una flota de vehículos, con el objetivo de entregar o recoger productos desde un centro de distribución hacia los clientes cumpliendo con los requerimientos y restricciones del proceso. La Figura 2.16 presenta un esquema básico de un problema de Ruteo. [10]

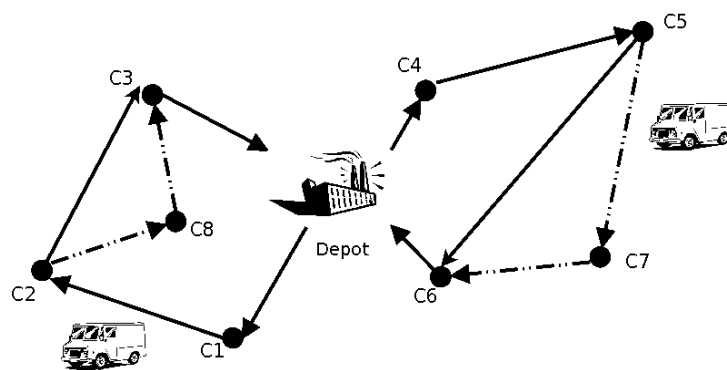


Figura 2. 16: Esquema básico de problema de ruteo

Fuente: Grupo de búsqueda NEO, 2014

El objetivo principal de un problema de ruteo es la determinación de rutas que permitan realizar el proceso de distribución en un costo mínimo. Para cumplir con el objetivo propuesto es necesario considerar las distintas entidades involucradas y su rol en el proceso. [13]

Las principales entidades de un VRP son:

- **Clientes.** Cada cliente tiene una demanda establecida que debe ser satisfecha por un vehículo asignado, por lo general un solo vehículo no puede satisfacer la demanda de todos los clientes en una misma ruta. Es usual que los clientes sean visitados al menos una vez para cumplir con sus requerimientos, los mismos que podrían tener restricciones de abastecimiento.
- **Centro de distribución.** Se define como centro de distribución a la locación inicial del proceso de despacho, suele ser el punto de partida de los vehículos que realizan el proceso de despacho y el lugar en donde se mantiene el producto hasta

que se distribuya a los clientes. Este centro de distribución cuenta con un stock disponible para el abastecimiento a los clientes.

- **Flota de vehículos.** Es el conjunto de vehículos que cuenta con una capacidad limitada para realizar el despacho desde el centro de distribución hacia los clientes. La capacidad individual de cada vehículo podría tener varias dimensiones y un costo asociado al uso del tipo de recurso. El tipo de flota de un problema de ruteo puede ser homogéneo u heterogéneo, en el primer caso se considera una flota de vehículos con las mismas capacidades mientras que en el segundo se cuenta con distintas capacidades.

Formulación Matemática

Para la formulación de un modelo de ruteo tradicional debemos definir un modelo gráfico teórico $G = (V, E, C)$ donde $V = \{0, \dots, m\}$ es un conjunto de ubicaciones mientras que E es el conjunto de arcos definidos entre las ubicaciones, adicionalmente se define un conjunto $K = \{0, \dots, k\}$ para agregar al problema el número k de camiones disponibles. Cada ubicación $i \in V \setminus \{0\}$ representa un cliente con una demanda no negativa que se denomina d_i , mientras que la ubicación 0 corresponde al centro de distribución. Cada arco de comunicación entre las locaciones $e \in E = \{(i, j) : i, j \in V, i \neq j\}$ es asociado a un costo no negativo, C_{ij}^k , que representa el costo asociado al camión k por el traslado desde la ubicación i a la ubicación j . adicionalmente, cada vehículo k cuenta con una capacidad Q e inicia el recorrido en el centro de distribución. A continuación, se presenta la formulación básica de un problema de ruteo, el cual considera camiones iguales para realizar la distribución. [14]

Función objetivo: Inicialmente se define una variable binaria X_{ij} que tomará el valor de 1 cuando se realice la asignación del camión k a la ruta desde la ubicación i hacia el punto j , en el caso de que no se asigne tomará el valor de 0. Finalmente definimos la función objetivo como la multiplicación de la variable X_{ij} por el costo C_{ij} asociado al arco con el objetivo de minimizar los costos de transporte.

$$\text{Min} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} C_{ij} X_{ij} \quad (3.2)$$

Restricciones:

$$\sum_{i \in V} X_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in V} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (3.4)$$

$$\sum_{i \in V} X_{i0} = N \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in V} X_{0j} = N \quad (3.6)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset \quad (3.7)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V$$

Las restricciones (3.3) y (3.4) se encargan de que exista una entrada o una salida asignada a los arcos de cada cliente, para que se visiten todas las locaciones asociadas a clientes. Adicionalmente, las restricciones (3.5) y (3.6) se aseguran de que el total de locaciones visitadas sea igual al número de clientes por visitar. Finalmente, la ecuación (3.7) toma en cuenta las capacidades de los vehículos y la demanda establecida por cada cliente para que no exista desabastecimiento. Hay que mencionar que el modelo propuesto anteriormente se puede modificar dependiendo de las restricciones presentes en el problema a resolver.

Métodos para Solucionar Problemas de Ruteo

Una vez descrito el modelo, es necesario considerar la metodología a utilizar para encontrar una solución válida, dependiendo de la complejidad del mismo se cuenta con distintos métodos para solucionar problemas de ruteo, estos métodos se pueden clasificar en tres grandes grupos. [15]

1) Aproximaciones Exactas

Este tipo de aproximaciones analiza cada posible solución al problema hasta que alcanza la mejor opción. Entre las metodologías tenemos las siguientes:

- Branch and Bound
- Branch and Cut

2) Heurística

Los métodos heurísticos presentan una exploración de escenarios limitada que produce una buena calidad de soluciones pero que no necesariamente son la óptima, la ventaja de este modelo es que el tiempo de computo de las soluciones en la mayoría de casos es menor que en las aproximaciones exactas.

Métodos Constructivos

Construye gradualmente una solución factible tomando en cuenta el costo, pero no contempla una mejora en cada fase.

- Savings: Clark and Wright
- Matching Based
- Multi-route Improvement Heuristics
 - Thompson and Psaraftis
 - Van Breedam
 - Kinderwater and Savelsbergh

Algoritmos de Segunda Fase

El problema se descompone en dos sub-problemas. Tomando en cuenta análisis de clústers y la construcción de la ruta factible en cada clúster.

- Cluster-First, Route-Second Algorithms
 - Fisher and Jaikumar
 - The Petal Algorithm
 - The Sweep Algorithm
 - Taillard
- Route-First, Cluster-Second Algorithms

3) Meta heurística

Método heurístico para resolver problemas que involucran procedimientos genéricos y abstractos de una manera eficiente, se aplica a problemas que no tienen un algoritmo o heurística claro para obtener una solución satisfactoria.

- Ant Algorithms
- Constraint Programming
- Deterministic Annealing
- Genetic Algorithms
- Simulated Annealing
- Tabu Search

Restricciones del Proyecto

Debido a que la empresa distribuye un producto que es subsidiado por el gobierno y altamente inflamable, se debe seguir una serie de restricciones y entre las más importantes tenemos:






- Reglamento de Actividades de Comercialización de Derivados del Petróleo.

- Ordenanza que regula medidas especiales en materia de circulación, carga y descarga de productos y mercaderías en zonas de alto impacto de tráfico en la ciudad de Guayaquil.
- Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (A.R.C.H)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Transporte, almacenamiento, envasado y distribución de gas licuado de petróleo (GLP) en cilindros y tanques.

2.4.3.1 Justificación del modelo seleccionado

Desde la presentación formal de los VRP en 1959 por Dantzig y Ramser, los problemas de ruteo han sido ampliamente estudiados obteniendo diferentes modelos y resultados empleando métodos exactos, heurística y meta heurística. En esta sección se realiza un análisis y selección de los diferentes modelos que son ajustables a las características del proyecto. [11]

Tabla 2.10. Selección de modelo matemático.

MODELO					
1. Vehicle Routing Problem (VRP)	✓			✓	
2. Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB)		✓		✓	
3. Mixed Vehicle Routing Problem with Backhauls (MVRPB)		✓		✓	
4. Single Vehicle Routing Problem with Pickups and Deliveries (SVRPPD)		✓		✓	
5. VRP with Pickup and Delivery (simultaneous VRPPD)		✓		✓	
6. VRP with heterogeneous fleet	✓			✓	
7. VRP with Time windows			✓	✓	✓

Fuente: Sophie Parragh, Karl Doerner y Richard Hartl, 2015.

Elaboración propia.

Debido al limitado número de restricciones tomado en cuenta por los modelos evaluados, se decide seleccionar un modelo que fusione los conceptos de aquellos previamente establecidos, en este caso el modelo seleccionado es un modelo de problema de ruteo que considera flota heterogénea, viajes múltiples, ventanas de tiempo y límites de capacidades. La plataforma a utilizar para la programación es Python con su consola de programación Spyder, esto debido a que es un programa completo con respecto al número de variables que puede manejar y de tipo “Open Source” que no genera gastos por licencia para su aplicación.

2.4.3.2 Descripción del Modelo Matemático Seleccionado

La propuesta que se consiste en un modelo matemático cuyo proceso de optimización se realiza mediante el programa Python y cuya interfaz pueda ser manejada mediante Excel, en dicho programa se ingresa los datos necesarios para la asignación de las rutas y presenta los resultados obtenidos.

El punto de partida antes de la elaboración de la programación es la elaboración del modelo matemático, el cual debe constar de una función objetivo que depende de las necesidades de la empresa y restricciones relacionadas directamente con la situación actual. Existen distintos tipos de modelos de ruteo, a continuación, se describe el modelo diseñado para este caso específico, las constantes, variables y restricciones involucradas en el mismo.

Constantes de Entrada

1) Lista de Clientes.

Se define la lista de clientes posibles en el proceso de despacho, la misma no presenta variaciones de manera frecuente, a cada cliente se le asocia una coordenada (x, y) que define la ubicación geográfica de ellos.

Coordenadas			
Indice	Dist	x	y
2	Dist 2	(2.2508)	(79.8876)
3	Dist 3	(1.8758)	(79.8624)
4	Dist 4	(1.8758)	(79.8624)
6	Dist 6	(2.1300)	(79.9046)
7	Dist 7	(2.2610)	(79.8779)
8	Dist 8	(2.1754)	(79.8045)
9	Dist 9	(2.2315)	(79.9368)
10	Dist 10	(2.1966)	(79.8996)
11	Dist 11	(2.1655)	(79.9087)

Figura 2. 17. Coordenadas de los clientes

Fuente: Compañía analizada, 2017.

2) Matriz de Distancia entre Clientes.

Se calcula la matriz de distancias entre los clientes mediante el uso de Python y la herramienta para desarrolladores de google maps aplicando un algoritmo previamente desarrollado por google para el cálculo de distancias.

Clave/Tecla	Tipo	Tamaño	
destination_addresses	list	3	['San Fernando...0401, Ecuador', 'Ave 41A No, ...quil, Ecuador', 'Teodoro Mald... ..
origin_addresses	list	1	['Chorrillo, Ecuador']
rows	list	1	[{'elements': [{'distance': {'text': '38.4 km', 'value': 38440}, 'duration': {'t ...
status	str	1	OK

Figura 2. 18. Esquema del algoritmo en Python

Fuente: Compañía analizada, 2017.

3) Costo de Transporte por Kilómetro.

Se obtiene el valor por km recorrido para los camiones de la empresa, al ser un servicio tercerizado este valor ya se encuentra determinado.

Tabla 2.11. Costos de transporte por km.

Tipo de Camión	Costo Asociado
250	\$ 0.40
400	\$ 0.45
900	\$ 0.60

Fuente: Compañía analizada, 2017.

Elaboración propia

4) Ventana de Tiempo

Al igual que el costo de transporte, las ventanas de tiempo son un dato previamente establecido por la empresa, el mismo depende del tiempo de atención que tienen los clientes en sus bodegas y se define según la empresa de la siguiente forma.

Tabla 2.12. Ventana de tiempo.

Ventana de Tiempo	[6 am – 6 pm]
Tiempo Total	12 Horas

Fuente: Compañía analizada, 2017.

Elaboración propia

5) Tiempo de carga y descarga unitario

La empresa mediante un estudio elaborado previamente determina el tiempo de carga y descarga asociado a un cilindro, este tiempo influye de manera directa en el tiempo total de la operación de despacho.

Tiempo carga/descarga por cilindro	11 segundos
---	-------------

Variables de Entrada

1) Demanda de Cliente.

Uno de los valores de entrada que debe ser actualizado cada vez que el modelo se ejecute, son los valores de demanda diaria de los clientes definidos como d_i que significa la demanda del cliente i .

2) Camiones disponibles

Se considera la disponibilidad de camiones que se tiene en cada día, debido a que es una variable con respecto al tiempo y adicionalmente es un dato de entrada necesario para la ejecución del modelo.

Función Objetivo

Los objetivos principales de la empresa son la reducción de costos y el aumento de la cobertura social, estos dos requerimientos se pueden representar mediante la función objetivo descrita.

$$\text{Min} \sum_{k \in T} \sum_{(i,j) \in E} c_{ij}^k * x_{ij}^k \quad (3.8)$$

La función objetivo se define por una variable binaria x_{ij}^k que representa la asignación de un camión k a la ruta desde el nodo i al nodo j , la cual es multiplicada por un costo representado por la matriz c_{ij}^k , en este caso en particular el costo de asignación de un camión a la ruta desde i hasta j es directamente relacionado a la distancia que existe entre estos nodos, calculado el costo mediante la siguiente ecuación.

Donde d_{ij} es la distancia existente entre los nodos i y j mientras que c_k es el costo por km del tipo de camión K .

$$c_{ij}^k = d_{ij} * c_k \quad (3.9)$$

Restricciones

Las restricciones del modelo son parte importante del cumplimiento de los requerimientos del cliente, cada necesidad se transforma en una restricción, constante de entrada o parte de la función objetivo del modelo, a continuación, se presenta la traducción matemática de las restricciones involucradas en el proceso junto con la justificación de su creación para el cumplimiento de una necesidad.

1) Cumplimiento de la demanda

Es necesario mencionar que la sumatoria de las demandas de los clientes debe ser igual a la demanda total del día definida como d_r .

$$d_r = \sum_{\forall i \in r} d_i \quad (3.10)$$

2) Cumplimiento de la ventana de tiempo

Es inevitable considerar que el proceso de despacho se debe realizar en un tiempo determinado, el mismo que no puede ser alterable.

3) Tipo de camión

En el proceso de la compañía se debe considerar que no todos los tipos de camiones pueden visitar a todos clientes, existen restricciones legales de tránsito impuesta por la agencia reguladora de transporte.

4) Camiones disponibles

El proceso de despacho se encuentra restringido por el número de camiones disponibles en el día, los cuales son un dato de entrada pero que a su vez son considerados como una restricción en la capacidad de los recursos disponibles.

$$\sum_{k \in T} \sum_{(i,j) \in E} x_{ij}^k = K \quad \forall j \in V \setminus \{0\} \quad (3.11)$$

5) Visita Única

Solo se puede asignar un camión a un cliente para evitar algún tipo de cruce de rutas.

$$\sum_{j \in V} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{0\} \quad (3.12)$$

2.4.3.3 Desarrollo de la Programación

Una vez definido el tipo de modelo a utilizar según el análisis de las restricciones involucradas en el proceso de planificación de rutas de distribución de la empresa se procede a programar dicho modelo en el software Python mediante su interfaz Anaconda, esto con el objetivo de contar con un programa que permita trabajar un modelo de tal magnitud. El software permite el ingreso de líneas de programación para la definición de variables de respuesta, función objetivo, restricciones del problema e ingreso de datos asociados a la resolución del problema mediante Excel. El proceso de recolección de datos descrito en la etapa de medición genera una base de datos para todos los datos de interés asociados a la resolución del modelo que mediante el archivo en excel sirve como interfaz de ingreso de datos para la empresa, esto con el objetivo de tener una interfaz amigable para el ingreso de la demanda de los clientes, vehículos disponibles y ventanas de tiempo establecidas. Para las aplicaciones mencionadas se usan librerías del software que permiten hacer más fácil la vinculación entre la investigación de operaciones y el desarrollo de un programa de optimización. A continuación, se listan las librerías empleadas y su función:

Tabla 2.13. Lista de librerías utilizadas.

Librería	Aplicación
GurobiPY	Ingreso de función objetivo, restricciones y optimización
googlemaps	Obtención de datos de distancias entre clientes.
numpy	Procesamiento de matrices y arreglos de datos
pandas	Lectura y escritura en formato xlsx.
pickle	Almacenamiento y lectura de datos en archivos pkl
Openpyxl	Lectura de datos en excel

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Una vez definidas las líneas de programación se procede a realizar pruebas con el objetivo de validar los resultados obtenidos en el modelo.

2.5 Etapa de Control

En esta etapa se ejecuta la capacitación al personal del departamento de logística, se establecen responsabilidades entre los involucrados en el proceso de planificación de rutas. Giovanni Martinez, planificador actual de Compañía GLP se lo capacita con herramientas básicas de Python en el caso de necesitar cambios de restricciones en el Modelo.

Además en esta etapa se realiza un manual de usuario e instructivo visual de manejo del Modelo, a continuación presentan las mejoras propuestas con la finalidad de disminuir los errores ocasionados en el actual proceso.

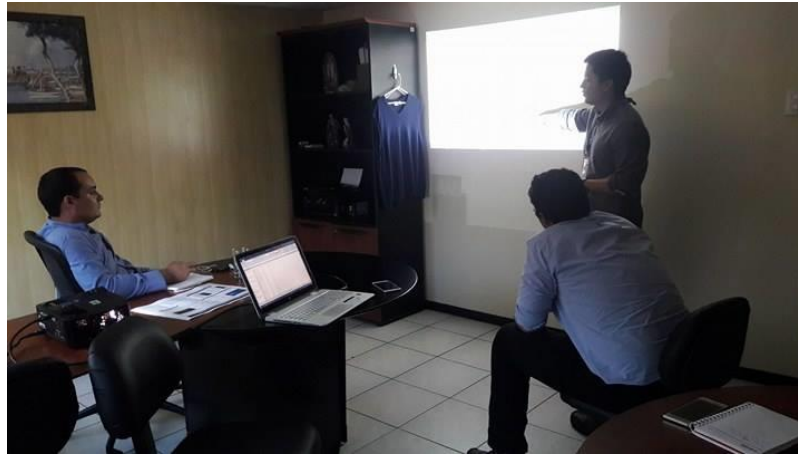


Figura 2. 19. Capacitación sobre el uso del modelo a los involucrados del proceso

Fuente: Compañía analizada, 2017.

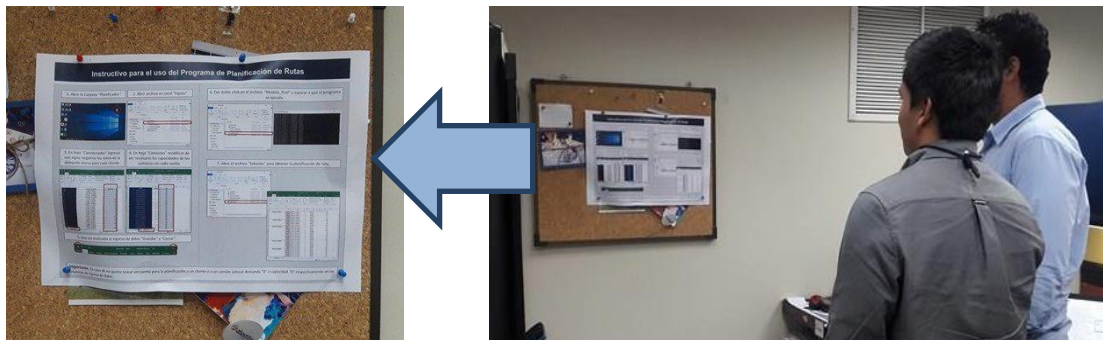


Figura 2. 20. Capacitación con el instructivo visual

Fuente: Compañía analizada, 2017.

2.5.1 Manual de usuario para el manejo del modelo de ruteo.


Se elabora un manual de usuario para la persona encargada de la planificación de las rutas de distribución con el objetivo de tener un soporte en la configuración del software. (Ver en Apéndice B)

2.5.2 Instructivo visual para manejo de modelo de ruteo.

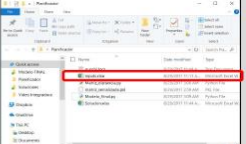
El siguiente instructivo proporciona ayuda de forma didáctica en el manejo del modelo de ruteo para el proceso de planificación de rutas para el área de Logística Comercial. (Ver la Figura 2.21)

Instructivo para el uso del Programa de Planificación de Rutas

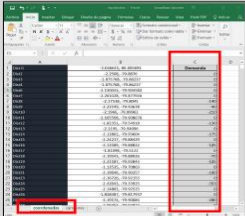
1. Abrir la Carpeta "Planificador"



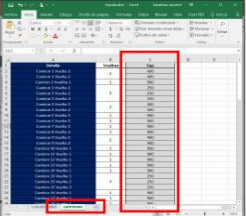
2. Abrir archivo en excel "Inputs"




3. En hoja "Coordenadas" ingresar con signo negativo los datos de la demanda diaria para cada cliente.



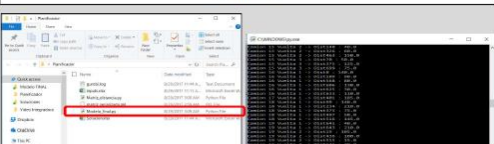
4. En hoja "Camiones" modificar de ser necesario las capacidades de los camiones en cada vuelta.



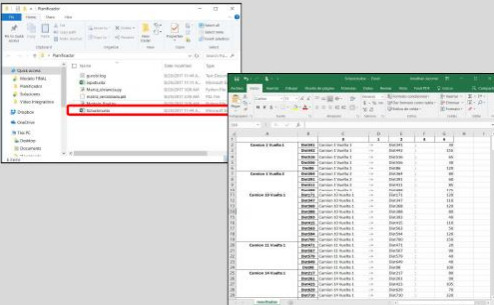
5. Una vez realizado el ingreso de datos "Guardar" y "Cerrar".



6. Dar doble click en el archivo "Modelo_final" y esperar a que el programa se ejecute.



7. Abrir el archivo "Solución" para obtener la planificación de ruta.



Importante. En caso de no querer tomar en cuenta para la planificación a un cliente o a un camión colocar demanda "0" o capacidad "0" respectivamente en las columnas de ingreso de datos.

Figura 2. 21. Instructivo visual para manejo del modelo de planificación de rutas de distribución.

Fuente: Compañía analizada, 2017.

2.5.3 Implementación: prueba piloto

Finalmente, se toman datos de una semana para simular el proceso de planificación de las rutas de distribución. Al inicio de estas simulaciones, se requiere tener la capacidad de la planta envasadora, la demanda del producto y conocer la disponibilidad de los camiones para realizar las corridas del modelo.

Los resultados describen el tipo de camión, el número de vueltas a realizar, número de distribuidores a visitar con su orden de visita y la cantidad de producto a entregar a cada distribuidor seleccionado.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			0	1	2	3	4	
2	Camion 1 Vuelta 1	Dist191	Camion 1 ->	Dist191 :			30	
3		Dist610	Camion 1 ->	Dist610 :			240	
4		Dist644	Camion 1 ->	Dist644 :			130	
5	Camion 1 Vuelta 2	Dist140	Camion 1 ->	Dist140 :			100	
6		Dist192	Camion 1 ->	Dist192 :			60	
7		Dist535	Camion 1 ->	Dist535 :			170	
8		Dist69	Camion 1 ->	Dist69 :			70	
9	Camion 10 Vuelta 1	Dist130	Camion 10 ->	Dist130 :			70	
10		Dist170	Camion 10 ->	Dist170 :			140	
11		Dist229	Camion 10 ->	Dist229 :			110	
12		Dist283	Camion 10 ->	Dist283 :			175	
13		Dist359	Camion 10 ->	Dist359 :			100	
14		Dist407	Camion 10 ->	Dist407 :			120	
15		Dist543	Camion 10 ->	Dist543 :			70	
16		Dist634	Camion 10 ->	Dist634 :			110	
17	Dist705	Camion 10 ->	Dist705 :			5		
18	Camion 11 Vuelta 1	Dist115	Camion 11 ->	Dist115 :			130	
19		Dist264	Camion 11 ->	Dist264 :			160	
20		Dist547	Camion 11 ->	Dist547 :			90	
21	Camion 12 Vuelta 1	Dist251	Camion 12 ->	Dist251 :			150	
22	Camion 14 Vuelta 1	Dist302	Camion 14 ->	Dist302 :			80	

Figura 2. 22. Resultado de prueba piloto para un día.

Fuente: Compañía analizada, 2017.

CAPÍTULO 3

3. Resultados

Para evidenciar el aumento del porcentaje de satisfacción de los clientes, se desarrolla un modelo matemático de ruteo para el proceso de planificación de rutas de distribución de los cilindros de presentación de 15 kg mediante el programa de Python con su consola de programación en Spyder.

3.1 Resultados de la programación del modelo propuesto

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la planificación de las rutas simuladas con los datos de 11 días, como se puede apreciar en las columnas Promedio Antes y Promedio Después se calcula el promedio de satisfacción de cliente para los dos escenarios.

Tabla 3.1. Resultados de Prueba Piloto.

Fecha	Demanda real	Demanda Cubierta Método Tradicional	Demanda Cubierta por el modelo	Promedio Antes	% Satisfacción del clientes (Antes)	Objetivo	Promedio Después	% Satisfacción del clientes (Después)
1-ago	30436	25876	30186	87%	85%	90%	99,5%	99,18%
2-ago	30304	26691	30149	87%	88%	90%	99,5%	99,49%
3-ago	29081	25426	28916	87%	87%	90%	99,5%	99,43%
4-ago	29332	25121	29112	87%	86%	90%	99,5%	99,25%
5-ago	30177	26585	29917	87%	88%	90%	99,5%	99,14%
6-ago	32065	27350	31885	87%	85%	90%	99,5%	99,44%
7-ago	32063	27574	31988	87%	86%	90%	99,5%	99,77%
8-ago	29439	25688	29319	87%	87%	90%	99,5%	99,59%
9-ago	28503	24835	28403	87%	87%	90%	99,5%	99,65%
10-ago	29930	25808	29870	87%	86%	90%	99,5%	99,80%
11-ago	31117	27088	31007	87%	87%	90%	99,5%	99,65%

Fuente: Compañía analizada.

Elaboración propia

De estos datos adquiridos se puede apreciar que el porcentaje promedio de satisfacción del cliente es 99,5%, considerando las propuestas de mejoras se realiza una comparación con los resultados iniciales.

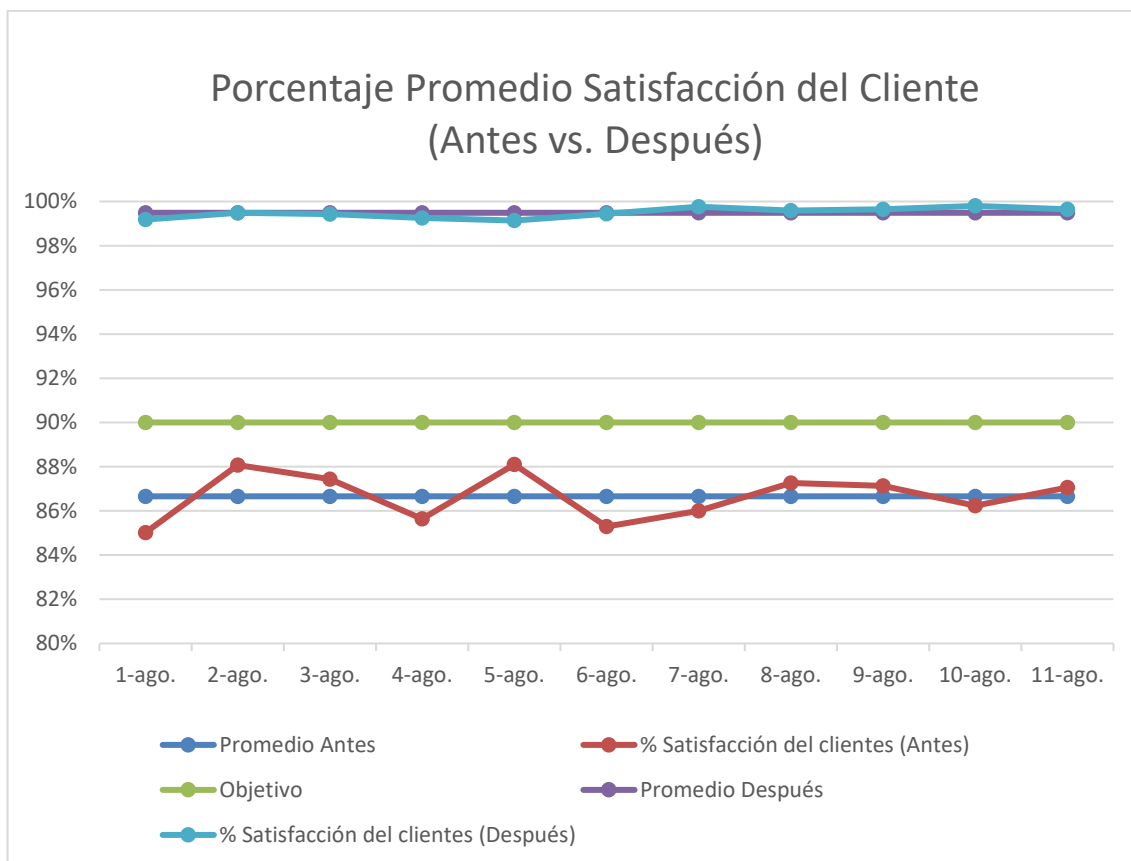


Figura 3. 1. Porcentaje de satisfacción de los clientes – Antes y después de la implementación

Fuente: Compañía analizada, 2017.

En la figura 3.1 se evidencia que existe un aumento de 15,2% en el porcentaje de satisfacción del cliente para varias de las observaciones realizadas. Se puede observar que los valores de los porcentajes de satisfacción después de la implementación comparados con los observados inicialmente fueron cercanos al 99,5%.

Análisis estadísticos de los resultados luego de la prueba piloto

Se realizan análisis estadísticos de la variable de medición en ambas situaciones con la finalidad de encontrar bajo supuestos estadísticos la mejor planificación para las rutas de distribución.

Se define la siguiente nomenclatura:

Y = Porcentaje de satisfacción de los clientes (Situación inicial).

Se plantea una prueba de hipótesis para determinar la normalidad de los datos de la siguiente manera:

H_0 : Y tiene una distribución normal con media 0,86 y desviación 0,01

H_1 : Y no tiene una distribución normal con media 0,86 y desviación 0,01

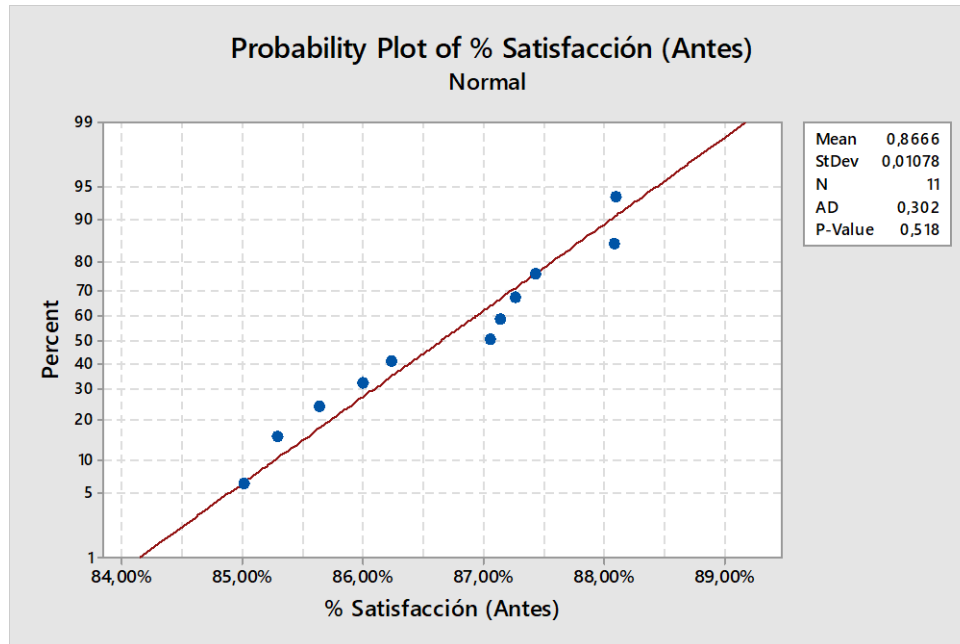


Figura 3. 2. Prueba de normalidad de los datos (Antes)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 3.2, se muestra que con un valor de $p = 0.518$ existe suficiente evidencia estadística para poder afirmar que el porcentaje de satisfacción del cliente sigue una distribución normal.

Una vez generados los datos con el programa, se realiza una prueba de hipótesis para determinar su normalidad. Se utiliza la siguiente nomenclatura:

Y' = Porcentaje de satisfacción de los clientes (Situación mejorada).

H_0 : Y' tiene una distribución normal con media 0,99 y desviación 0,00

H_1 : Y' no tiene una distribución normal con media 0,99 y desviación 0,00

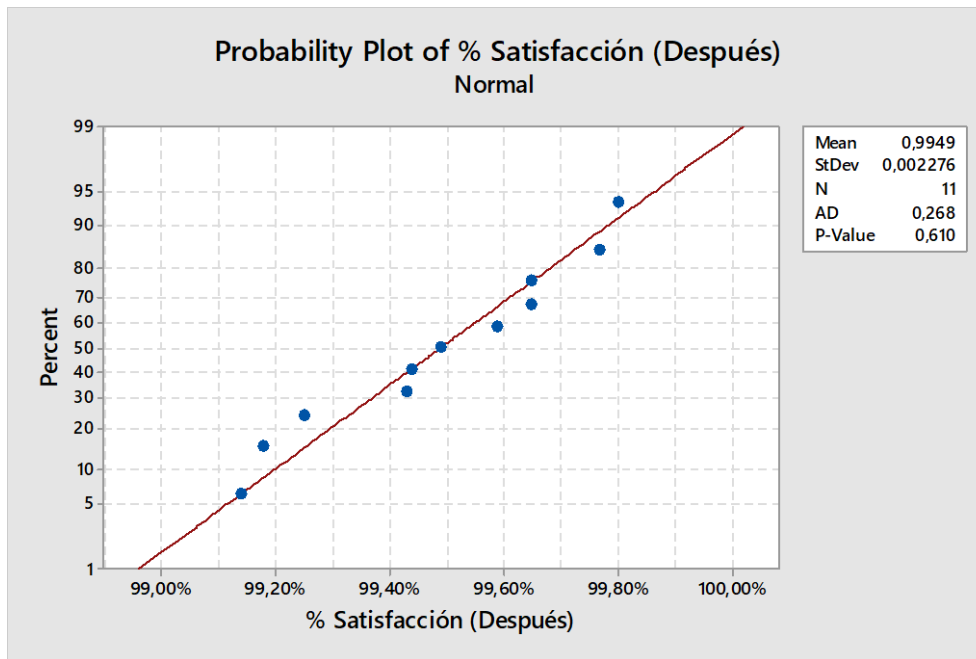


Figura 3. 3. Prueba de normalidad de los datos (Después)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se muestra en la Figura 3.3, con valor $p = 0.610$, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos de la simulación siguen una distribución normal. Una vez comprobada la normalidad de los datos tanto para la situación inicial y la mejorada, se realiza un test para diferencia de medias con el objetivo de comprobar si el porcentaje de satisfacción del cliente fue significativo. El planteamiento de las hipótesis se presenta a continuación:

$$H_0: u_Y - u_{Y'} = 0$$

$$H_1: u_Y - u_{Y'} < 0$$

Two-Sample T-Test and CI: % Satisfacción (Antes); % Satisfacción (Después)

Two-sample T for % Satisfacción (Antes) vs % Satisfacción (Después)

	N	Mean	StDev	SE Mean
% Satisfacción (Antes)	11	0,8666	0,0108	0,0032
% Satisfacción (Después)	11	0,99489	0,00227	0,00069

Difference = μ (% Satisfacción (Antes)) - μ (% Satisfacción (Después))

Estimate for difference: -0,12831

95% upper bound for difference: -0,12230

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -38,63 **P-Value = 0,000** DF = 10

Figura 3. 4. Prueba de hipótesis para diferencia de medias.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 3.4, se muestra que con un valor de $p = 0.000$, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el porcentaje de satisfacción del cliente de la situación mejorada es mayor que en la situación inicial. Para una mejor visualización en el aumento de la satisfacción del cliente, se muestra en la Figura 3.4 un gráfico de cajas con los dos escenarios:

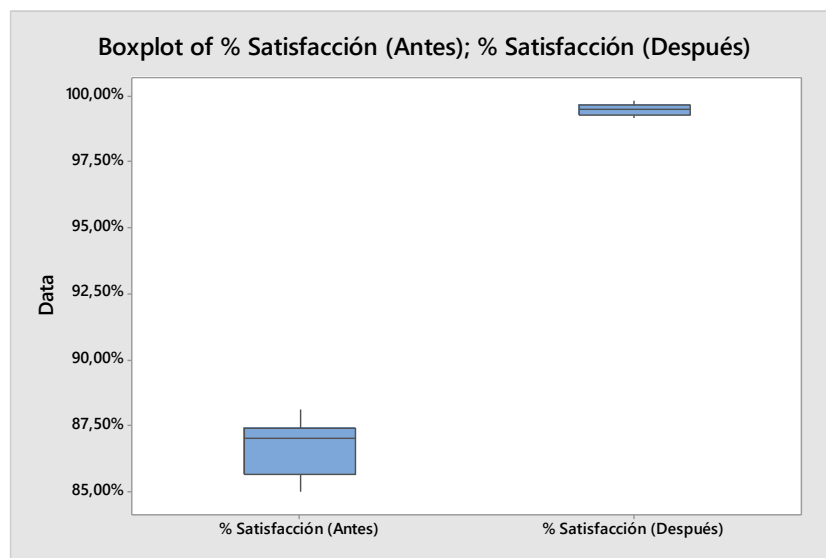


Figura 3. 5. Gráfico de Caja: % Satisfacción de Antes vs Después.

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2 Análisis de los beneficios

La implementación del modelo propuesto no genera gastos para la empresa, pero se decide analizar el costo beneficio de utilizarlo. Se procede a calcular el número de ventas que deben ser realizadas y además el valor en dólares que deben generar.

		Antes	Después	Costo Beneficio	
Fecha	Demanda real	Demanda Cubierta Método Tradicional	Demanda Cubierta por el modelo	Aumento de Ventas (Cilindros)	Aumento de venta en (\$)
1-ago	30436	25876	30186	4310	\$ 6.895,69
2-ago	30304	26691	30149	3458	\$ 5.532,99
3-ago	29081	25426	28916	3490	\$ 5.584,71
4-ago	29332	25121	29112	3991	\$ 6.385,49
5-ago	30177	26585	29917	3332	\$ 5.330,41
6-ago	32065	27350	31885	4535	\$ 7.256,15
7-ago	32063	27574	31988	4414	\$ 7.062,00
8-ago	29439	25688	29319	3631	\$ 5.809,47
9-ago	28503	24835	28403	3568	\$ 5.709,08
10-ago	29930	25808	29870	4062	\$ 6.499,18
11-ago	31117	27088	31007	3919	\$ 6.269,72
				TOTAL	\$ 6.212,26

Figura 3. 6. Costo beneficio por el uso del modelo.

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se observa en la Figura 3.5, que durante los 11 primeros días de agosto las ventas aumentan y por lo tanto sus ingreso en un promedio de \$6.212,26, que evidencia la vialidad del proyecto.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se detecta 5 factores que influyen sobre el porcentaje promedio de satisfacción del cliente el cual considera al nivel de cumplimiento de la demanda y las ventanas de tiempo de distribución esenciales para el aumento de la satisfacción de los clientes.
- Se puede obtener un modelo de ruteo con un nivel de precisión suficientemente alto para ser considerado bueno en la industrial de servicios, utilizando los factores (X_1 : Cumplimiento del pedido, X_2 : Cantidad de pedidos planificados, X_5 : Cantidad de camiones disponibles, X_6 : Capacidad de camión, X_8 : Ubicación de los centros de distribución y X_9 : Tipo de camión).
- Se determina el problema en el área de logística comercial mediante la aplicación de herramientas 4W+2H y SIPOC para establecer el alcance del proyecto.
- Se logra con las implementaciones de las soluciones, un aumento del 12,5% del porcentaje promedio de satisfacción al cliente y un ingreso de \$6.212,26 en futuras ventas.
- Se capacita al personal del departamento de Logística Comercial y se elabora manuales e instructivos para el manejo del programa.

4.2 Recomendaciones

- Establecer un plan de verificación periódica para el modelo con el fin de monitorear el desempeño y establecer acciones correctivas
- Comprobar todos los días los Inputs del Modelo para disminuir los errores durante la planificación de las rutas.
- Leer el manual del modelo antes de usar el programa para evitar su des configuración.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Petroecuador. “Demanda y Ventas de GLP en Ecuador”, Quito, 2014.
- [2] [En línea]. Available: <http://www.leansolutions.co/conceptos/que-es-six-sigma/> [Último acceso: 15 agosto 2017]. [Último acceso: 15 agosto 2017]
- [3] Anónimo. «American Society for Quality,» [En línea]. Available: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/dmaic.html>. [Último acceso: 15 agosto 2017]
- [4] Anónimo, «KAF consulting,» [En línea]. Available: <http://kaf.com.mx/home/module-styles-mainmenu-46>. [Último acceso: 15 agosto 2017]
- [5] H. Gutierrez Pulido, Calidad Total y Productividad, México: Mc Graw Hill, 2010.
- [6] J. Chinchilla, «Engindustrial,» agosto 2009. [En línea]. Available: <http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>. [Último acceso: 15 agosto 2017]
- [7] C. CABRERA, «Liderazgo en 6sigma,» 26 febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.liderazgolean6sigma.com/2014/02/la-voz-del-cliente.html>. [Último acceso: 15 agosto 2017].
- [8] C. CABRERA, «MENTORY,» 20 mayo 2016. [En línea]. Available: <https://mentory.online/2016/05/matriz-de-impacto-y-esfuerzo.html>. [Último acceso: 15 agosto 2017].
- [9] N. J. S. a. B. Williams, Lean for Dummies, J. Wiley, Ed., Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc., 2007.
- [10] J. Carrillo y A. López. “Guía Para la Implementación de un Modelo de Planificación de Rutas”, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2014.
- [11] Castro, C. & Véles, M. “Modelo Para la Selección de un Sistema de la Programación de la Rutas, Un Enfoque Estratégico”. Revista Universidad EAFIT, No. 128, 24 a 32, 2016.
- [12] Montúfar, N. & Olaya, E. “Proyecto de Inversión Para la Mejora del Despacho de GLP”, Guayaquil, 2007.
- [13] François Despaux, & Sebastián Basterrech. “Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows and Heterogeneous Fleet” USA: MIR Labs, No. 8 355 a 363, 2016.
- [14] N. Parragh, F. Doerner, F.Hartl., “A survey on pickup and delivery problems. Part I: Transportation between customers and depot” Austria: Universidad Brünnerstr, 2008.

[15] N. Parragh, F. Doerner, F.Hartl., "A survey on pickup and delivery problems. Part II: Transportation between pickup and delivery locations" Austria: Universidad Brünnerstr, 2008.

APÉNDICES

Apéndice A
Diagramas de procesos

Diagrama de proceso "TRANSPORTE Y ENTREGA DE GLP A CLIENTES" de Compañía GLP.

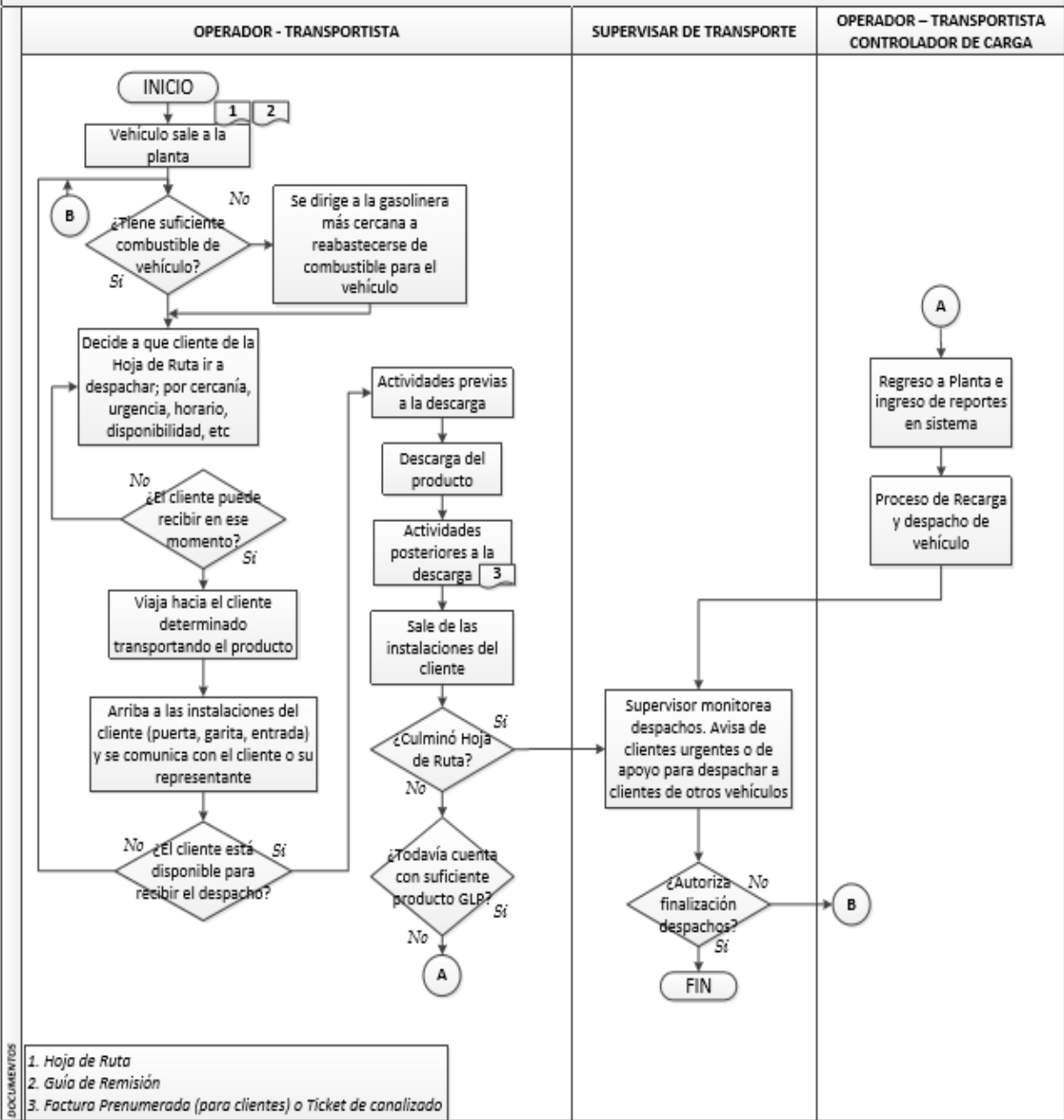
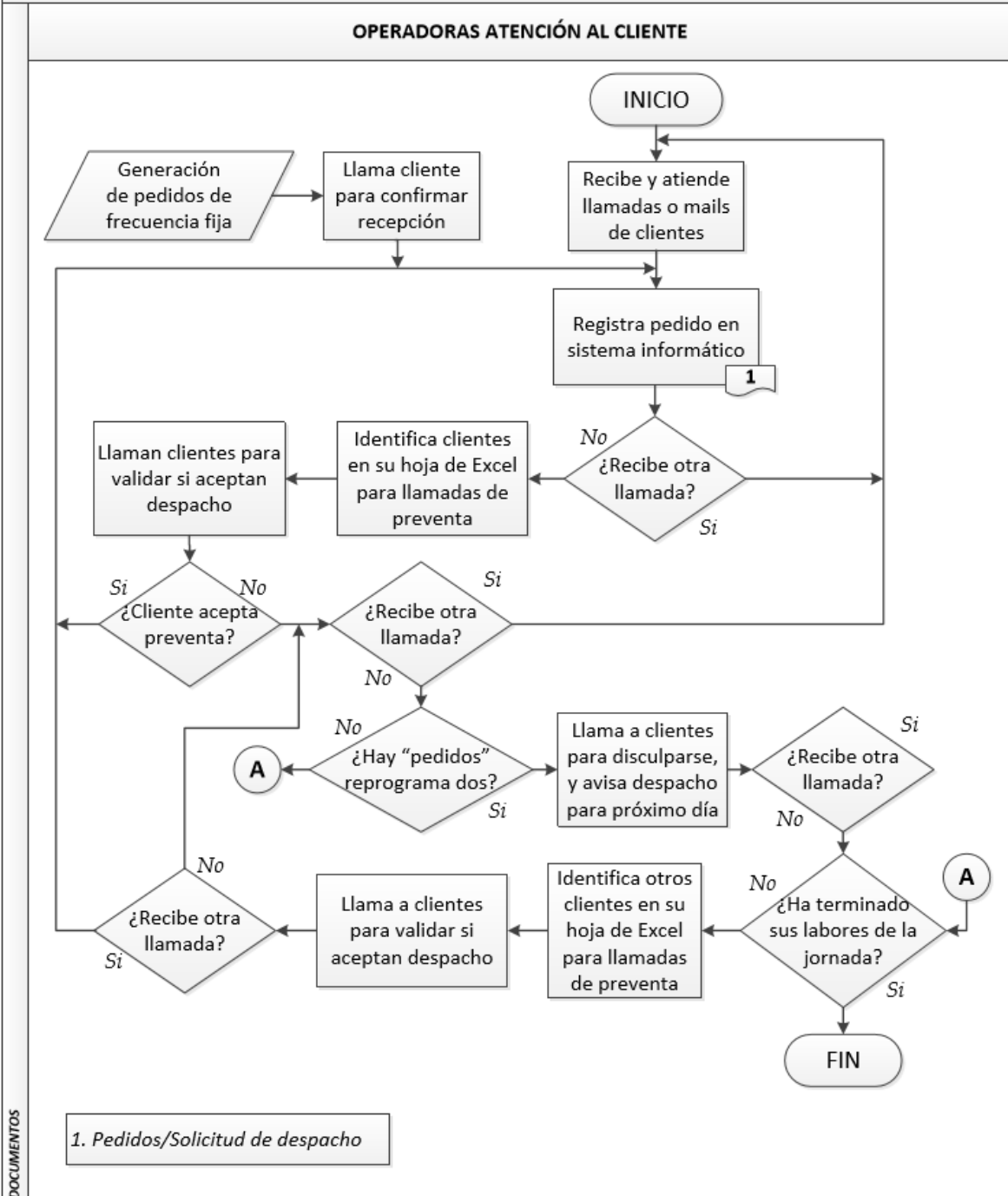


Diagrama de proceso "RECEPCIÓN Y TOMA DE PEDIDOS/GENERACIÓN PEDIDOS" de Compañía GLP.



Apéndice B
Manual para capacitación

MANUAL DE USUARIO PARA LA PLANIFICACIÓN DE RUTAS EN EL ÁREA DE LOGÍSTICA COMERCIAL.

INTRODUCCIÓN

La importancia de una correcta planificación de rutas de distribución contribuye a mejorar el proceso de entrega del producto final asegurando la satisfacción del cliente.

1. NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO

PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE RUTAS DE DISTRIBUCIÓN PARA CILINDROS DE GLP

2. OBJETIVO

Describir las actividades, funciones y responsabilidades de los involucrados en el proceso de planificación de rutas.

3. ALCANCE

El proceso inicia cuando el planificador conoce la demanda generada en el día y finaliza cuando se crea el listado de rutas seleccionadas a visitar.

4. DEFINICIONES Y REFERENCIAS

Se definen algunos términos usados en el presente documento con el fin de mantener un significado común evitando así errores por mala interpretación.

INPUTS: Corresponde a los datos a ingresar en el programa. Por ejemplo: las demandas diarias.

5. INDICACIONES GENERALES

En caso de no querer considerar para la planificación a un cliente o a un camión colocar demanda "0" o capacidad "0" respectivamente en las columnas de ingreso de datos.

6. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

RESPONSABLE	Planificador logístico (Giovanny Martínez)
Paso 1:	Abrir la carpeta "Planificador"
Paso 2:	Abrir archivo en Excel "Inputs"
Paso 3:	Ingresar con signo negativo los datos de la demanda diaria para cliente.
Paso 4:	Modificar de ser necesario las capacidades de los camiones en cada vuelta.
Paso 5:	Una vez realizado el ingreso de datos "Guardar" y "Cerrar"
Paso 6:	Dar doble click en el archivo "Modelo final" y esperar a que el programa se ejecute.
Paso 7:	Abrir el archivo "Solución" para obtener la planificación de ruta

ANEXOS

Plan de Verificación de Causas y Resultados de Análisis

Factores	Var. de respuesta	Impacto del factor	Método de verificación	Conclusión
X1: Cumplimiento de pedido	Y1,Y2,KPI	El cumplimiento o incumplimiento del pedido influye de manera directa o indirecta a la satisfacción al cliente, debido a que toma en cuenta las rutas que deben seguir los camiones y que clientes deben satisfacer.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Cumplimiento del pedido.	Prueba T P=0.001 Mann-Whitney P= 0.0007
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Cumplimiento del pedido.	Prueba T P=0.081 Mann-Whitney P= 0.0803
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Cumplimiento del pedido	Prueba T P=0.000 Mann-Whitney P= 0.0007
			Herramienta: Prueba T, Mann-Whitney	
X2: Cantidad de pedidos planificado	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución de la cantidad total de cilindros que se despacharan según la planificación está directamente relacionado con la satisfacción de los clientes debido a que esta será la cantidad real que recibirá el cliente, la cual se comparará con su requerimiento para medio el KPI	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Cantidad de pedidos planificados	Regresión P=0.000
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Cantidad de pedidos planificados	Regresión P=0.000
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Cantidad de pedidos planificados	Regresión P=0.000
			Herramienta: Análisis de regresión	
X3: Tiempo promedio de entrega de producto	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución del tiempo de entrega del producto generará impacto en la satisfacción del cliente puesto que si se entrega el pedido en el tiempo requerido que se tenía establecido se logrará un mejor cumplimiento de la planificación y por ende mayor cobertura de abastecimiento de los clientes.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Tiempo promedio de entrega de producto	Regresión P=*
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Tiempo promedio de entrega de producto	Regresión P=0.000
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Tiempo promedio de entrega de producto	Regresión P=0.000
			Herramienta: Análisis de regresión	

Factores	Var. de respuesta	Impacto del factor	Método de verificación	Conclusión
X4: Costo total de distribución	Y1,Y2,KPI	El aumento o disminución del valor que paga el cliente por el servicio de distribución crea un impacto en las variables de respuesta debido a que si se tiene una mayor demanda se tendrá un mayor costo de distribución debido a que el costo de distribución es manejado por cantidad de producto.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Costo total de distribución	Valores constantes. 0.3404
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Costo total de distribución	Valores constantes: 0.3404
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Costo total de distribución	Valores constantes: 0.3404
			Herramienta: Pareto	
X5: Cantidad de camiones disponibles	Y1,Y2,KPI	La cantidad de camiones disponibles está relacionada directamente a la capacidad que se tiene para abastecer a los clientes y por ende afectará directamente la satisfacción	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Cantidad de camiones disponibles	Valores constantes. 160
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Cantidad de camiones disponibles	Valores constantes: 160
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Cantidad de camiones disponibles	Valores constantes: 160
			Herramienta: Pareto	
X6: Capacidad de camión	Y1,Y2,KPI	Tener una mayor o menor capacidad en los camiones disponibles para abastecimiento a los clientes determinan la capacidad de distribución lo que está directamente relacionado a la cantidad de pedidos cumplidos y por consiguiente a la satisfacción del cliente.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Capacidad de camión	ANOVA P=0, 572 Kruskal-Wallis P=0,902
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Capacidad de camión	ANOVA P=0,959 Kruskal-Wallis P=0,984
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Capacidad de camión	ANOVA P=0,712 Kruskal-Wallis P=0,769
			Herramienta: ANOVA, Kruskal-Wallis, diagrama de cajas	

Factores	Var. de respuesta	Impacto del factor	Método de verificación	Conclusión
X7: Ventana de tiempo para distribución	Y1,Y2,KPI	Seleccionar la correcta ventana de tiempo en la que se entrega el producto al cliente generará un impacto en la percepción del cliente del servicio y reducirá eventualidades que generen un incumplimiento de los pedidos planificados que están directamente relacionados con la variable de respuesta.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Ventana de tiempo para distribución.	ANOVA P=0,471 Kruskal-Wallis P=0,405
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Ventana de tiempo para distribución.	ANOVA P= 0,051 Kruskal-Wallis P=0,010 Mann-Whitney valor P: * 1er vs 2do = 0,2774 *1er vs 3er = 0,0408 *2do vs 3er = 0,5499
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Ventana de tiempo para distribución	ANOVA P=0,043 Kruskal-Wallis P=0,043 Mann-Whitney valor P: * 1er vs 2do = 0,9142 *1er vs 3er = 0,2197 *2do vs 3er = 0,0379
			Herramientas: ANOVA, Kruskal-Wallis, diagrama de cajas, Mann Whitney.	
X8: Ubicación de los centros de distribución	Y1,Y2,KPI	De la ubicación de los clientes dependerá la facilidad que tendrá el vehículo para realizar el despacho y por ende afectará directamente al cumplimiento del pedido y la variable de respuesta.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Ubicación de los centros de distribución.	ANOVA valor p= 0,688 Kruskal-Wallis valor p= 0,468
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Ubicación de los centros de distribución.	ANOVA valor p= 0,421 Kruskal-Wallis valor p= 0,315
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Ubicación de los centros de distribución.	ANOVA valor p= 0,036 Kruskal-Wallis valor p= 0,032
			Herramientas: ANOVA, Kruskal-Wallis, diagrama de cajas.	
X9: Tipo de camión	Y1,Y2,KPI	El tipo de camión afecta directamente a la satisfacción del cliente debido a las restricciones de tráfico que existe en la zona rural analizada puesto que no todos los camiones son adecuados para todas las ubicaciones de los clientes.	Análisis: Cantidad de producto entregado a cliente vs Tipo de camión.	Prueba T, valor P= 0,115 Regresión, valor P=0,442
			Análisis: Cantidad de producto planificado para cliente vs Tipo de camión.	Prueba T, valor P= 0,304 Regresión, valor P=0,309
			Análisis: Porcentaje de satisfacción del cliente vs Tipo de camión.	Prueba T, valor P= 0,724 Regresión, valor P=0,728
			Herramientas: Diagrama de cajas, prueba t de 2 muestras, análisis de regresión	

Análisis e interpretación de Datos

Resultado de encuestas aplicada a los centros de distribución

1) ¿Qué cantidad de producto recibe en promedio por viaje?

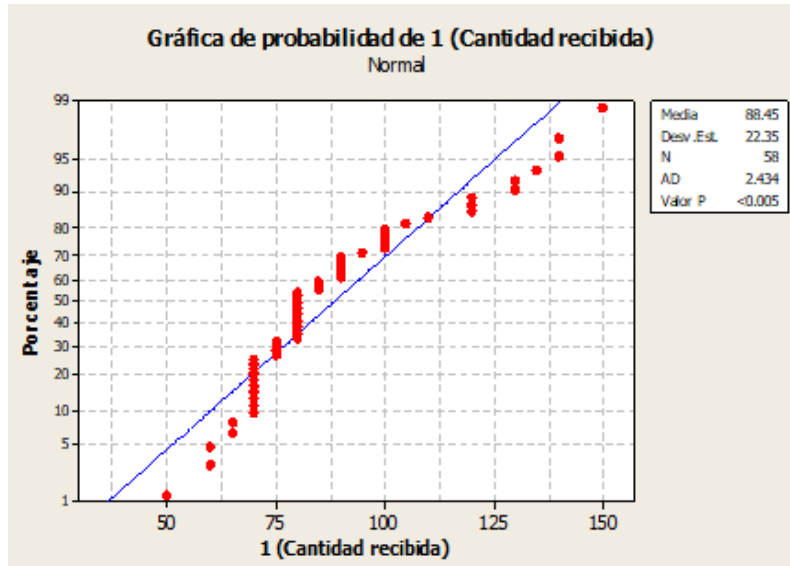


Figura: 1. Test de Normalidad para Cantidad recibida

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

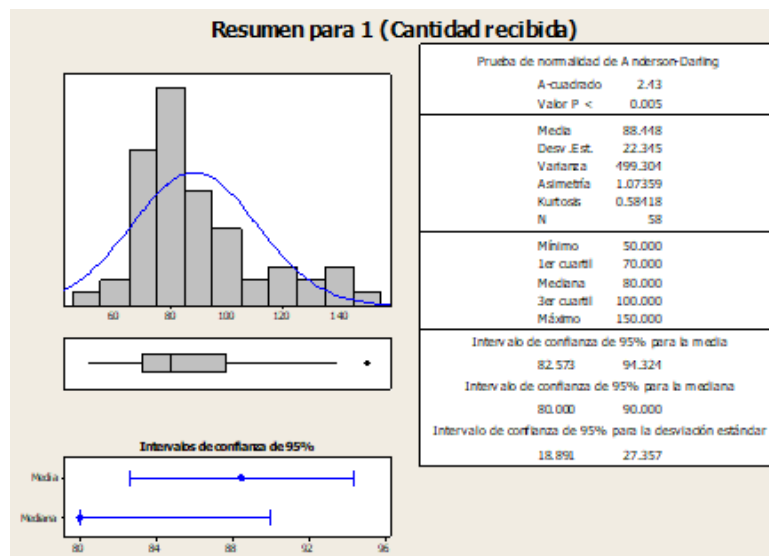


Figura: 2. Test de Normalidad para Cantidad recibida

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

CONCLUSIÓN: Con un valor $p < 0.005$, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de producto recibida en promedio no siguen una distribución normal.

2) ¿Qué cantidad de producto pide en promedio por viaje?

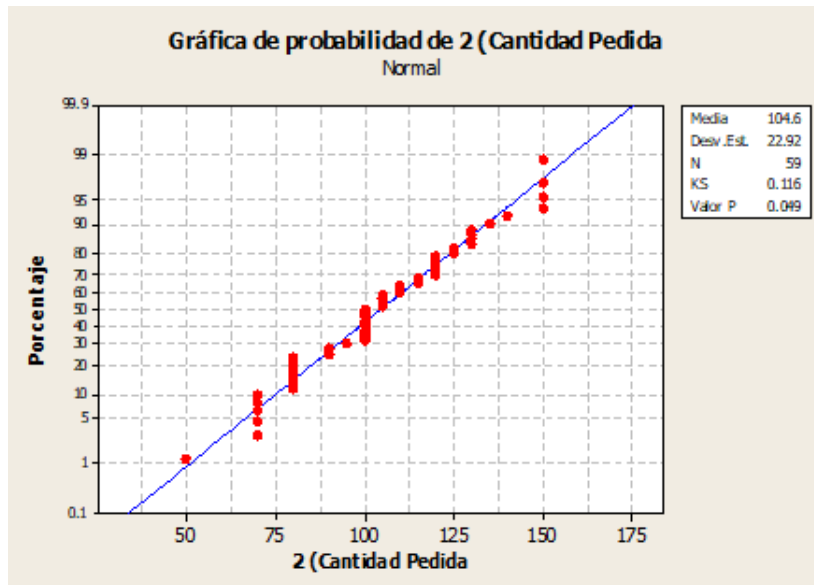


Figura: 1. Test de Normalidad para Cantidad pedida.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

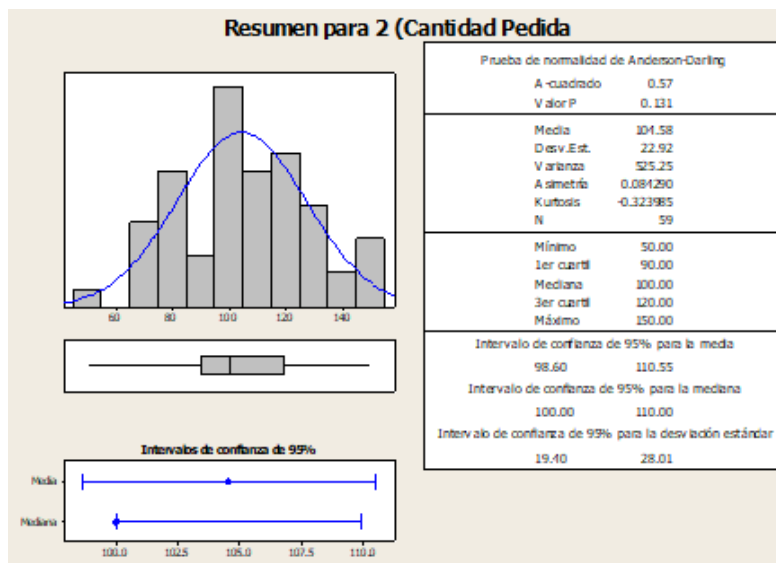


Figura: Test de Normalidad para Cantidad pedida

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

CONCLUSIÓN: Con un valor $p > 0.005$, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los datos obtenidos acerca de la cantidad de producto recibida en promedio siguen una distribución normal.

3) ¿Recibe su carga completa?

Tabla de tabulación sobre la carga completa recibida

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	25	42%
No	34	58%
TOTAL	59	1

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

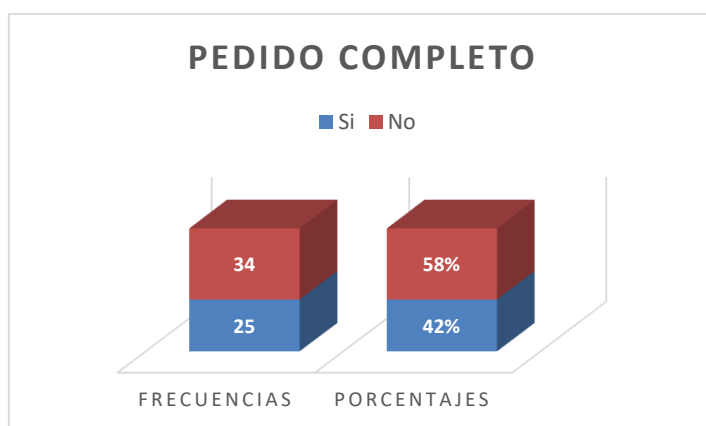


Figura de recibimiento de carga completa del pedido

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 58% de los distribuidores encuestados reciben su carga completa, mientras que el 42% no recibe su carga completa, provocando insatisfacción en los clientes, por esta razón se asegura que el modelo matemático de ruteo a realizarse será aceptado y utilizado por la empresa.

4) ¿A qué hora le gustaría recibir su carga?

Tabla de tabulación de horas ideales para recibir la carga.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
[6 am – 10 am)	45	74%
[10 am – 14 pm)	9	15%
[14 pm – 18 pm]	7	11%
TOTAL	61	1

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

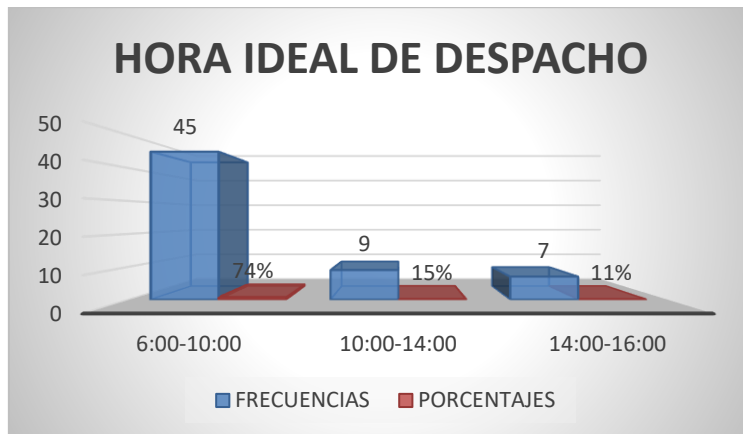


Figura de horarios ideales para el despacho del producto.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 74% de los distribuidores encuestados desean que el despacho del producto sea en la primera vuelta; el 15% desea que sea en la segunda vuelta y el 11% de quisieran en la tercera vuelta. Por esta razón se concluye que el mejor horario de despacho es en la primera vuelta debido a la disponibilidad de tiempo que poseen los distribuidores ante las demandas.

5) ¿En qué horario no le gustaría recibir su carga?

Tabla de tabulación de horario no deseado para recibir la carga.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
[6 am – 10 am)	4	7%
[10 am – 14 pm)	21	34%
[14 pm – 18 pm]	36	59%
TOTAL	61	1

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

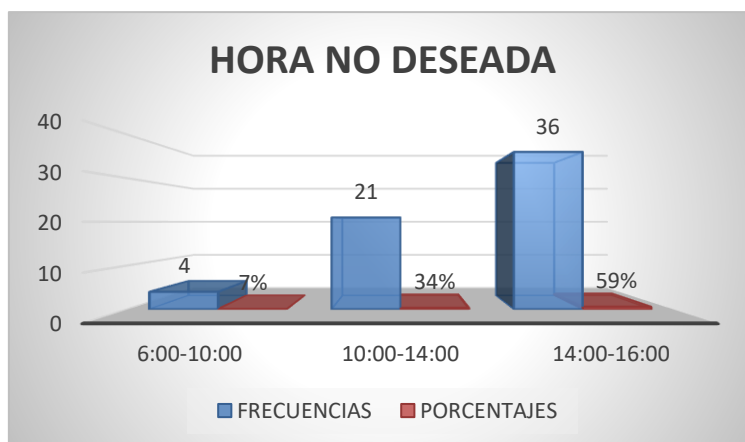


Figura de horarios no deseados para el despacho del producto.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 59% de los distribuidores encuestados no desean que el despacho del producto sea en la tercera vuelta; el 34% no desea que sean en la segunda vuelta y el 7% de no quisieran en la primera vuelta. Por esta razón se concluye que el peor horario de despacho es en la tercera vuelta debido a que las demandas se presentan en las mañanas y en su mayoría no cuentan con capacidad en sus bodegas para almacenarlos para el siguiente día.

6) ¿Cuánto paga actualmente por el transporte del producto?

Tabla de tabulación de pago del transporte por producto.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
0,304	59	100%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

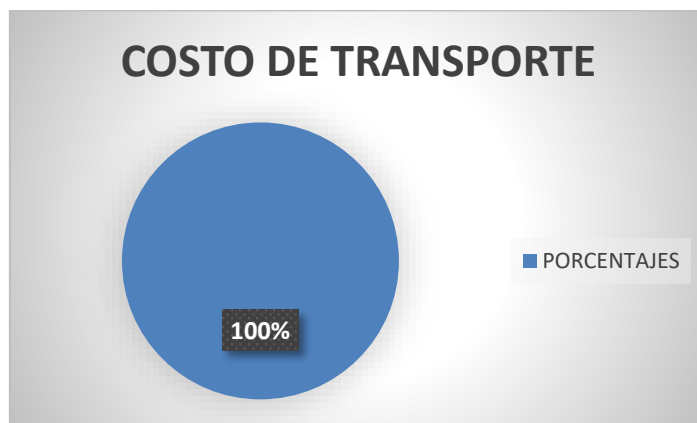


Figura de pago del transporte por producto

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 100% de los distribuidores encuestados pagan 0,304 ctvs. por cilindro transportado, por lo tanto, los datos proporcionados por la empresa son válidos y confiables para tomarlos en consideración en el modelo matemático.

7) ¿Cuál es su hora de Apertura?

Tabla de tabulación de horas de aperturas de los centros distribuidores.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
6 am	17	28,81%
6:30 am	10	16,95%
7 am	13	22,03%
7:30 am	19	32,20%
TOTAL	59	1

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

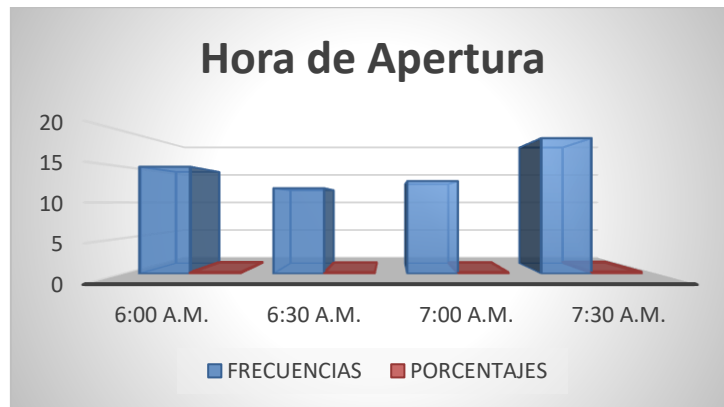


Figura de horario de apertura de los centros distribuidores.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 32,20% de los distribuidores encuestados abren a las 7:30 am sus centros de distribución, mientras que el 28,81% lo abren a las 6:00 am; el 22,03% abren a las 7:00 am y el 16,95% lo prefieren abrir a las 6:30 am. Por esta razón se asegura que el rango de apertura de los centros distribuidores de GLP doméstico está entre las 6 am – 7:30 am.

8) ¿Cuál es su hora de cierre?

Tabla de tabulación de horas de cierre de los centros de distribuidores.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
6 pm	19	32,20%
6:30 pm	13	22,04%
7 pm	12	20,34%
7:30 pm	15	25,42%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

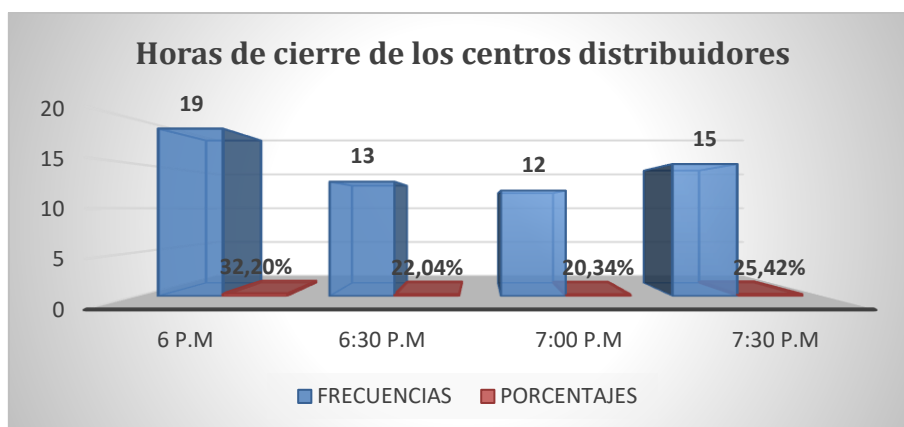


Figura de horarios de cierre de los centros de distribución

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 32,20% de los distribuidores encuestados cierran a las 6 pm sus centros de distribución, mientras que el 25,42% lo cierra a las 7:30 pm; el 22,04% cierra a las 6:30 pm y el 20,34% lo prefieren cerrar a las 7 pm. Por esta razón se asegura que el rango de cierre de los centros distribuidores de GLP doméstico está entre las 6 pm – 7:30 pm

9) ¿La dirección registrada es correcta?

Tabla de tabulación de la dirección registrada

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	59	100%
No	0	0%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017



Figura de direcciones correctas registradas de los centros de distribución

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 100% de los distribuidores encuestados están de acuerdo las direcciones registradas en el sistema de planificación de rutas son las correctas, por lo tanto, los datos proporcionados por la empresa son válidos y confiables para tomarlos en consideración en el modelo matemático.

10) ¿El pedido le llega en el camión adecuado?

Tabla de tabulación de camiones adecuados para la entrega de pedido.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	53	89,83%
No	6	10,17%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

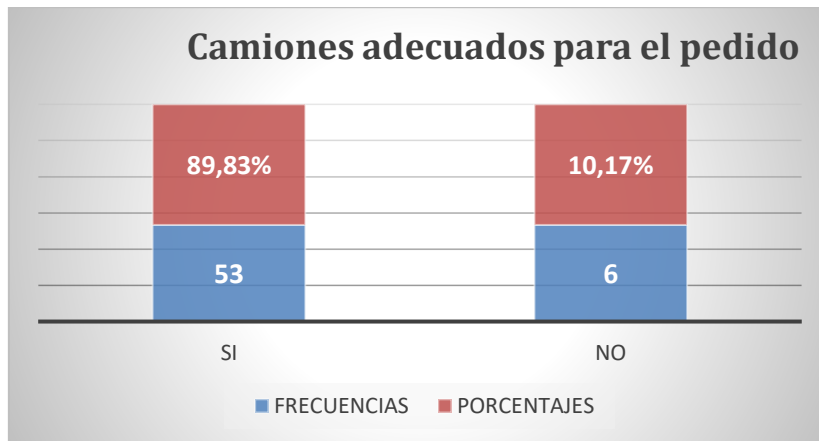


Figura de camiones adecuados para la entrega del pedido

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 89,83% de los distribuidores encuestados están de acuerdo que el pedido les llega en un camión adecuado, mientras que el 10,17% considera que no es adecuado por motivos de tamaños y de capacidades, por esta razón se asegura que el modelo matemático de ruteo a realizarse será aceptado y utilizado por la empresa.

11) ¿La calidad del cilindro es el adecuado?

Tabla de tabulación de la calidad del cilindro

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	0	0%
No	59	100%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

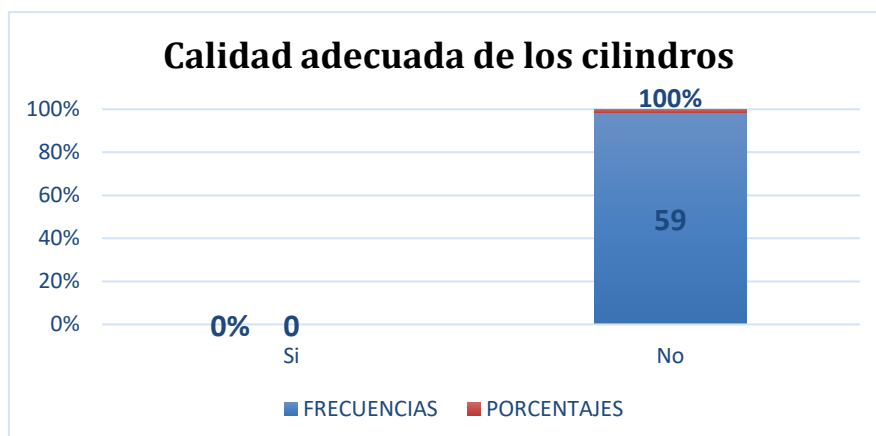


Figura de calidad adecuada de los cilindros

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 100% de los distribuidores encuestados no consideran adecuado la calidad de los cilindros, debido a que la presentación actual muestra deterioros y abolladuras. Por esta razón la situación sobre calidad de los cilindros se comunicará a gerencia para encontrarle soluciones a este problema debido a que el modelo matemático de ruteo no considera dichas restricciones.

12) ¿El trato del Chofer es el Adecuado?

Tabla de tabulación de trato con el chofer

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	26	55,93%
No	33	44,07
TOTAL	59	100

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

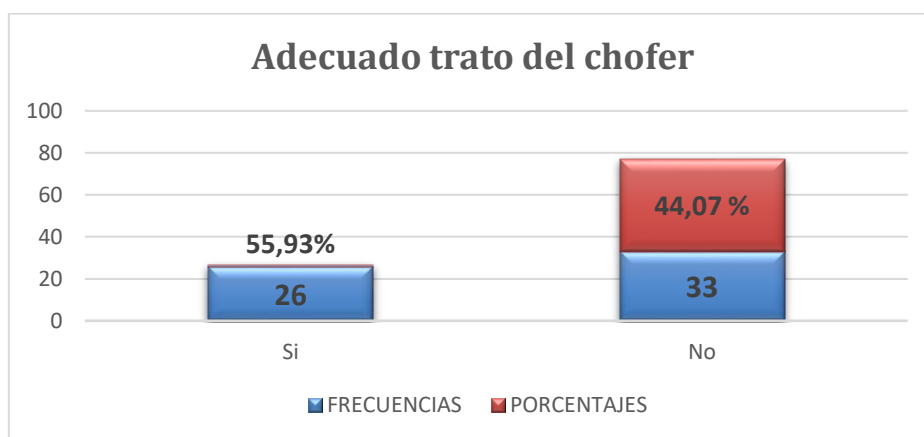


Figura del adecuado trato del chofer hacia los centros de distribución

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 55,93% de los distribuidores encuestados consideran adecuado el trato del chofer hacia ellos, mientras que el 44,07% menciona que no es adecuado debido a los problemas presentados ya sea por falta de pedido o de la recolección de cilindros de colores.

13) ¿La factura es la adecuada?

Tabla de tabulación de estado de factura.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Si	59	100%
No	0	0%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

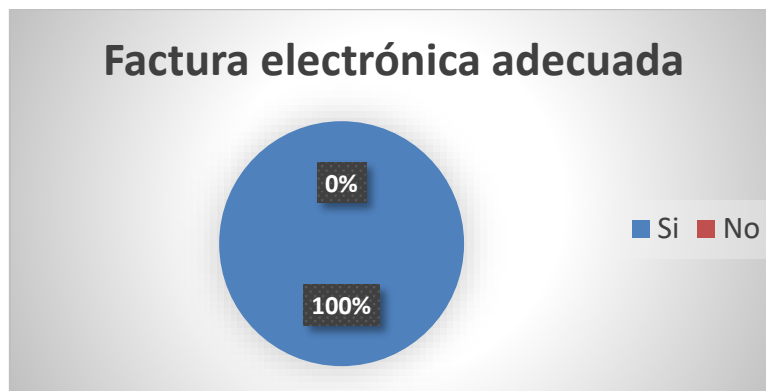


Figura de factura electrónica adecuada

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 100% de los distribuidores encuestados consideran adecuada la facturación electrónica, aunque algunos mencionan que les gustaría la facturación física.

14) ¿Qué color de cilindros compra?

Tabla de tabulación de los cilindros de colores comprados.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Amarillo	49	83,05%
Amarillo y rojo	4	6,78
Amarillo y azul	6	10,17
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

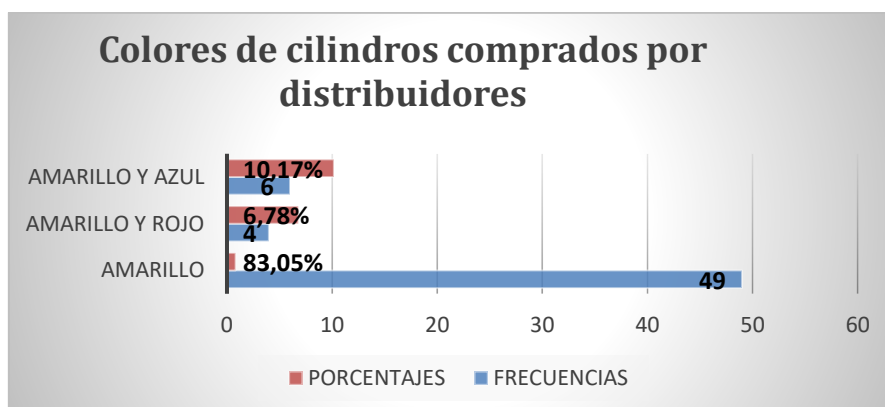


Figura de los colores de los cilindros comprados por los distribuidores.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 83,05% de los distribuidores encuestados compran y distribuyen solamente cilindros amarillos, mientras que el 10,17% compran cilindros amarillos y azules finalmente el 6,78% de los distribuidores compran cilindros amarillos y rojos. Por lo tanto, se puede asegurar que existe mayor demanda de cilindros amarillos y que el modelo matemático a realizar podrá satisfacer sus requerimientos.

15) ¿Cuáles son sus días de atención?

Tabla de tabulación de los días de atención de los centros de distribución.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
Lunes a domingo	23	38,98%
Lunes a sábado	26	44,07%
Lunes a viernes	10	16,95%
TOTAL	59	100%

Fuente: Distribuidores de compañía analizada, 2017

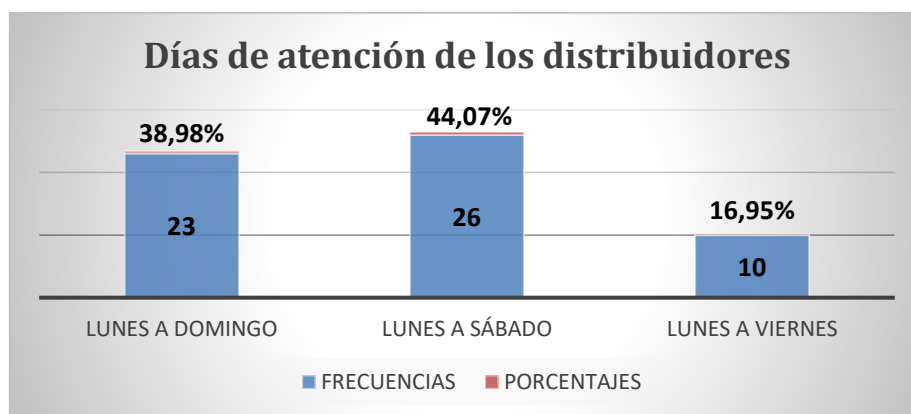


Figura de los días de atención de los distribuidores.

Fuente: Distribuidores de compañía GLP, 2017

Elaboración propia

ANÁLISIS:

El 44,05% de los distribuidores encuestados atienden al público los días de lunes a sábado; el 38,98% atiende los días de lunes a domingos y finalmente el 16,95% atiende de lunes a viernes. Por lo tanto, esta información ayudará en poseer una ventana de tiempo que servirá como entrada para el modelo matemático a realizarse.

Resultado estadísticos de las variables obtenidas en la encuesta realizada.

Cumplimiento de pedido (X1)

Prueba T: % de satisfacción al cliente versus Cumplimiento del pedido

Para comprobar si el factor de **Cumplimiento del pedido** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

Ho: El cumplimiento del pedido no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H1: El cumplimiento del pedido tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

T de dos muestras para Kpi (NO) vs. KPI (SI)

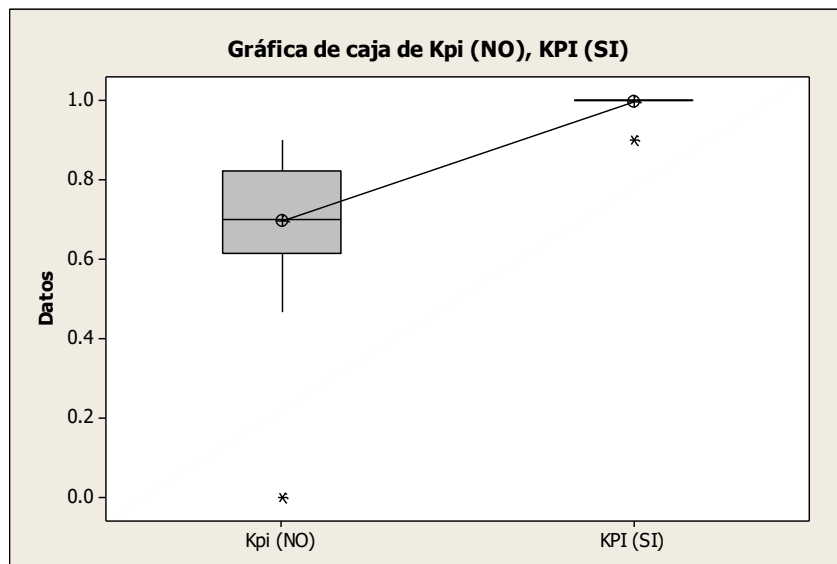
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Kpi (NO)	34	0.698	0.168	0.029
KPI (SI)	25	0.9960	0.0200	0.0040

Diferencia = μ (Kpi (NO)) - μ (KPI (SI))

Estimado de la diferencia: -0.2980

IC de 95% para la diferencia: (-0.3572, -0.2388)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -10.23 Valor P = 0.000 GL = 34



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,000 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que el cumplimiento del pedido sí tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Prueba T: Cantidad de producto entregada al cliente versus cumplimiento de pedido

Para comprobar si el factor de **Cumplimiento del pedido** genera influencia sobre la **cantidad de producto entregada al cliente** se realizó una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

Ho: El cumplimiento del pedido no tiene influencia significativa en cantidad de producto entregada al cliente.

H1: El cumplimiento del pedido tiene influencia significativa en cantidad de producto entregada al cliente.

T de dos muestras para Y1 (NO) vs. Y1 (SI)

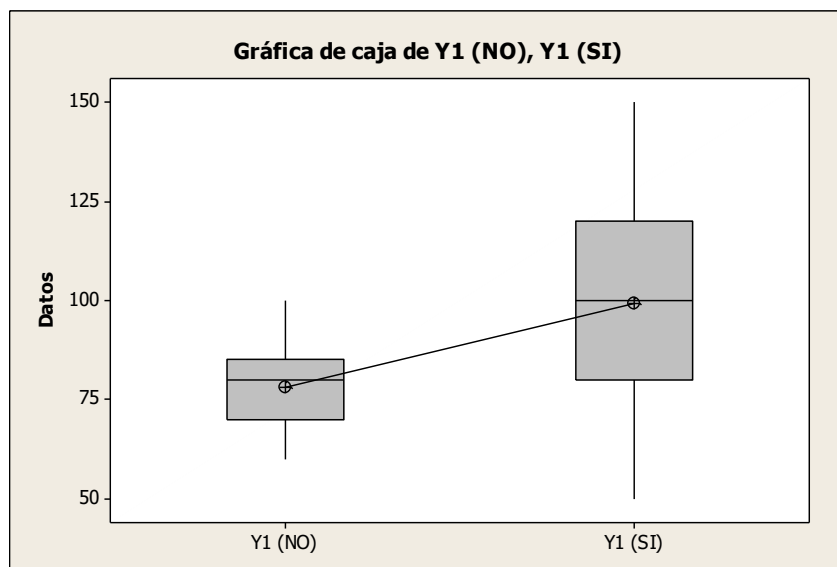
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Y1 (NO)	33	78.0	10.3	1.8
Y1 (SI)	25	99.4	26.0	5.2

Diferencia = μ (Y1 (NO)) - μ (Y1 (SI))

Estimado de la diferencia: -21.37

IC de 95% para la diferencia: (-32.60, -10.14)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -3.89 Valor P = 0.001 GL = 29



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,001 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que el cumplimiento del pedido tiene influencia significativa en cantidad de producto entregada al cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Prueba de Mann-Whitney e IC: Cantidad de producto entregado a cliente vs. Cumplimiento del pedido

	N	Mediana
Y1 (NO)	33	80.00
Y1 (SI)	25	100.00

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -20.00
 95.0 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (-30.00,-9.99)
 W = 759.5
 Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0.0008
 La prueba es significativa en 0.0007 (ajustado por empates)

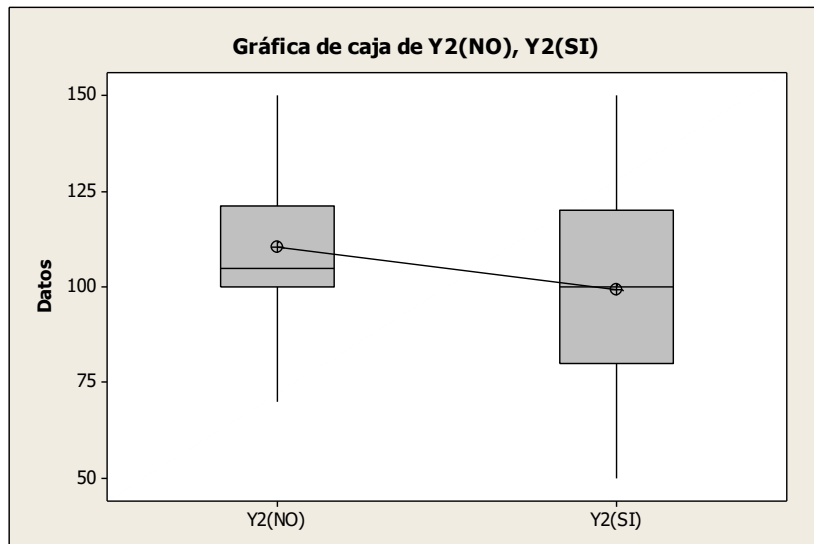
Con valor p = 0,0007, se rechaza H0, si tiene influencia el cumplimiento del pedido sobre la cantidad de producto entregada al cliente.

Prueba T: Cantidad de producto planificada para el cliente vs. Cumplimiento del pedido

T de dos muestras para Y2(NO) vs. Y2(SI)

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Y2(NO)	34	110.4	19.5	3.3
Y2(SI)	25	99.4	26.0	5.2

Diferencia = $\mu(Y2(NO)) - \mu(Y2(SI))$
 Estimado de la diferencia: 11.04
 IC de 95% para la diferencia: (-1.42, 23.50)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 1.79 Valor P = 0.081 GL = 42



Con valor p = 0,081, no se rechaza H0, por lo tanto, no se puede decir que el cumplimiento del pedido tiene influencia sobre la cantidad de producto planificada para el cliente.

Prueba de Mann-Whitney e IC: Y2(NO), Y2(SI)

	N	Mediana
Y2 (NO)	34	105.00
Y2 (SI)	25	100.00

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es 10.00
 95.1 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (0.00,25.00)
 W = 1134.5
 Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0.0803
 La prueba es significativa en 0.0783 (ajustado por empates)

Cantidad total de pedidos planificados (X2)

Análisis de regresión general: % de satisfacción al cliente versus Cantidad total de pedido planificados

Para comprobar si el factor de **Cantidad total de pedidos planificados** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

H0: La cantidad total de pedidos planificados no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H1: La cantidad total de pedidos planificados pedido tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

La ecuación de regresión es
 $kpi = 0.510 + 0.00379 X2$ (Cantidad Planificada)

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.50968	0.07991	6.38	0.000
X2 (Cantidad Planificada)	0.0037923	0.0008908	4.26	0.000

S = 0.143814 R-cuad. = 24.1% R-cuad. (ajustado) = 22.8%

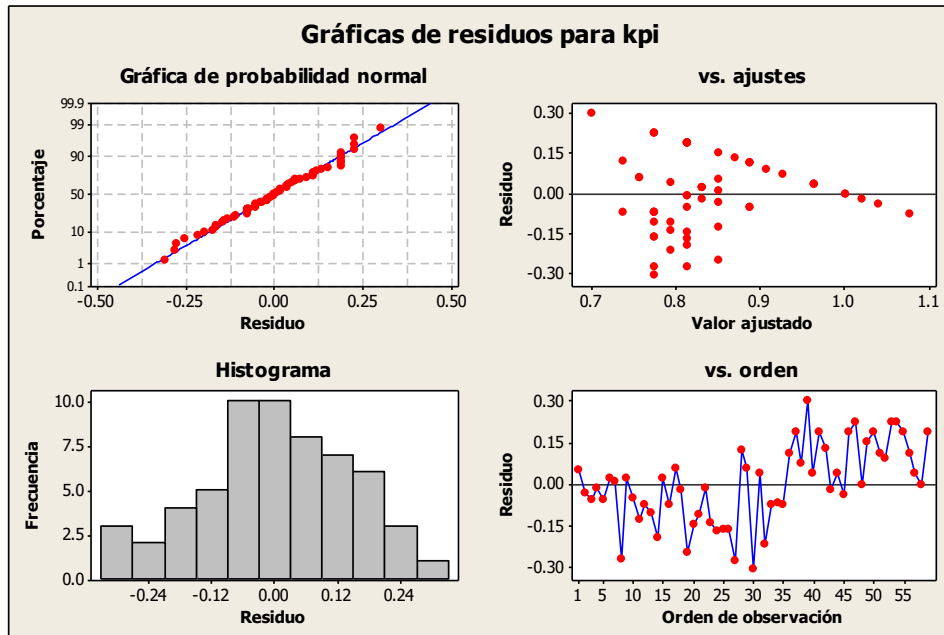
Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.37484	0.37484	18.12	0.000
Error residual	57	1.17891	0.02068		
Total	58	1.55375			

Observaciones poco comunes

Obs	X2 (Cantidad Planificada)	kpi	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar
30	70	0.4667	0.7751	0.0242	-0.3085	-2.18R
35	150	1.0000	1.0785	0.0590	-0.0785	-0.60 X
39	50	1.0000	0.6993	0.0381	0.3007	2.17R
43	135	1.0000	1.0216	0.0465	-0.0216	-0.16 X
45	140	1.0000	1.0406	0.0506	-0.0406	-0.30 X

R denota una observación con un residuo estandarizado grande.
 X denota una observación cuyo valor X le concede gran apalancamiento.



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,00 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que la cantidad total de pedidos planificados tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Análisis de regresión general: Cantidad de producto entregada al cliente vs. Cantidad total de pedidos planificados

Ecuación de regresión

$$Y1 \text{ (Cantidad recibida)} = 2.96015e-014 + 1 X2 \text{ (Cantidad Planificada)}$$

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	T	P
Constante	0	0.0000000	6.49390E+00	0.000
X2 (Cantidad Planificada)	1	0.0000000	1.96782E+16	0.000

Resumen del modelo

S = 8.204096E-15 R-cuad. = 100.00% R-cuad. (ajustado) = 100.00%
 PRESS = 4.232056E-27 R-cuad. (pred.) = 100.00%

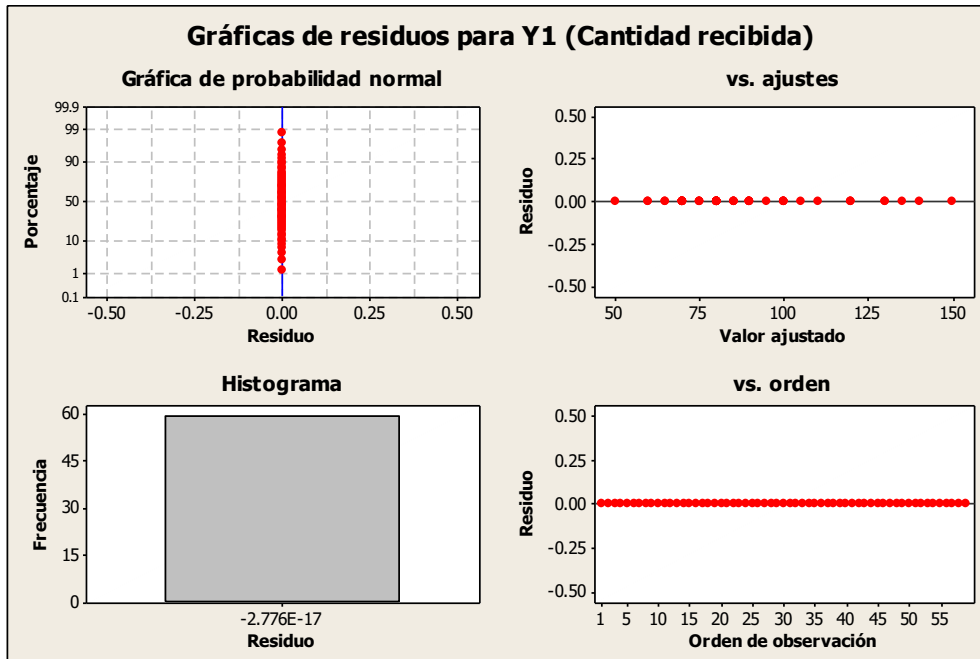
Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Regresión	1	26063.6		26063.6	26063.6	*	*
X2 (Cantidad Planificada)	1	26063.6		26063.6	26063.6	*	*
Error	57	0.0		0.0	0.0		
Falta de ajuste	15	0.0		0.0	0.0	*	*
Error puro	42	0.0		0.0	0.0		
Total	58	26063.6					

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Y1 (Cantidad recibida)	Ajuste	EE de ajuste	Residuo	Residuo estándar	
35	150	150	0.0000000	0.0000000	*	X
43	135	135	0.0000000	0.0000000	*	X
45	140	140	0.0000000	0.0000000	*	X

X denota una observación cuyo valor X le concede gran apalancamiento.



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,00 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que la cantidad total de pedidos planificados tiene influencia significativa cantidad de producto planificada para el cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Análisis de regresión: Cantidad de producto planificada vs. Cantidad de producto planificada para el cliente

La ecuación de regresión es

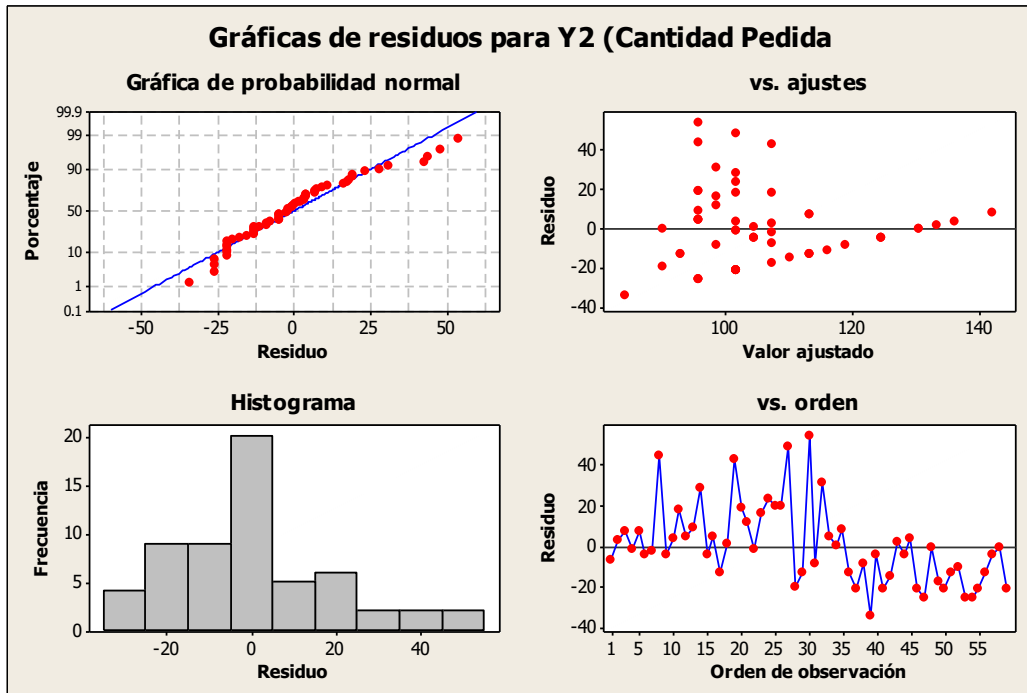
$$Y2 \text{ (Cantidad Pedida)} = 55.3 + 0.578 X2 \text{ (Cantidad Planificada)}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	55.32	10.85	5.10	0.000
X2 (Cantidad Planificada)	0.5784	0.1209	4.78	0.000

S = 19.5208 R-cuad. = 28.6% R-cuad. (ajustado) = 27.4%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	8720.3	8720.3	22.88	0.000
Error residual	57	21720.4	381.1		
Total	58	30440.7			



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,00 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que la cantidad de producto planificada tiene influencia significativa cantidad de producto planificada para el cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Tiempo promedio de entrega del producto (X3)

Análisis de regresión general: % de satisfacción al cliente versus Tiempo promedio de entrega del producto

Para comprobar si el factor de **Cantidad total de pedidos planificados** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

H₀: El tiempo promedio de entrega del producto no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H₁: El tiempo promedio de entrega del producto tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

Análisis de regresión: kpi vs. Tiempo de Despacho

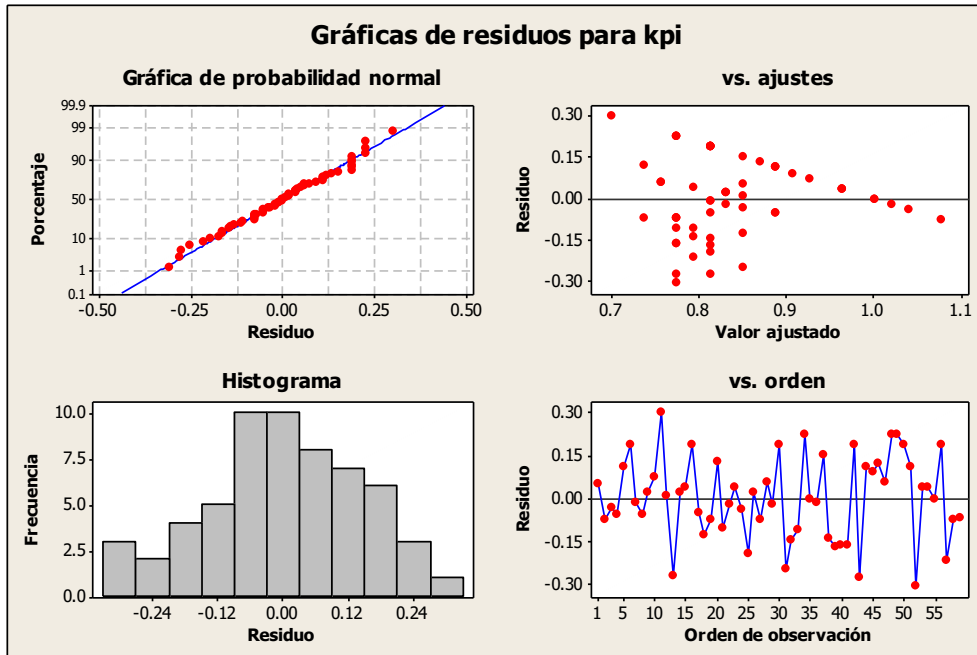
La ecuación de regresión es
 $kpi = 0.510 + 0.0126 \text{ Tiempo de Despacho}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.50968	0.07991	6.38	0.000
Tiempo de Despacho	0.012641	0.002969	4.26	0.000

S = 0.143814 R-cuad. = 24.1% R-cuad. (ajustado) = 22.8%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.37484	0.37484	18.12	0.000
Error residual	57	1.17891	0.02068		
Total	58	1.55375			



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,00 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que el tiempo de entrega del producto tiene influencia significativa sobre la cantidad de producto planificada para el cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Análisis de regresión general: Cantidad de producto entregada al cliente vs. Tiempo promedio de entrega del producto

La ecuación de regresión es

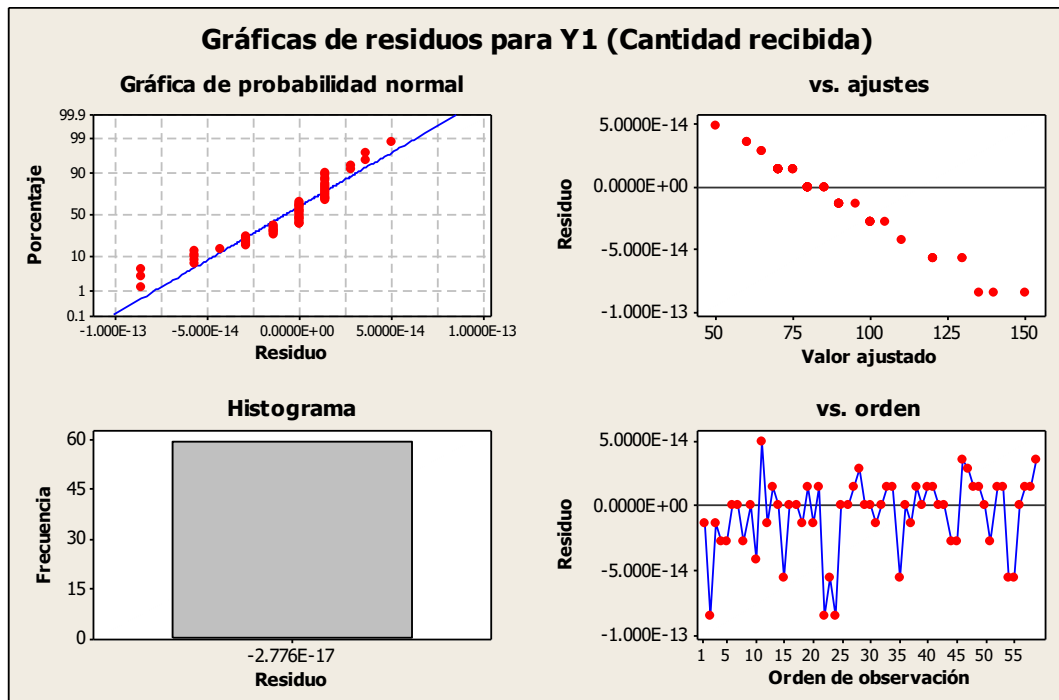
$$Y1 \text{ (Cantidad recibida)} = - 0.000000 + 3.33 \text{ Tiempo de Despacho}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-0.00000000	0.00000000	*	*
Tiempo de Despacho	3.33333	0.00000	*	*

S = 0 R-cuad. = 100.0% R-cuad.(ajustado) = 100.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	26064	26064	*	*
Error residual	57	0	0		
Total	58	26064			



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a * no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que el tiempo de entrega del producto no tiene influencia significativa sobre cantidad de producto recibida para el cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Análisis de regresión general: Cantidad de producto planificada vs. Tiempo promedio de entrega del producto

La ecuación de regresión es

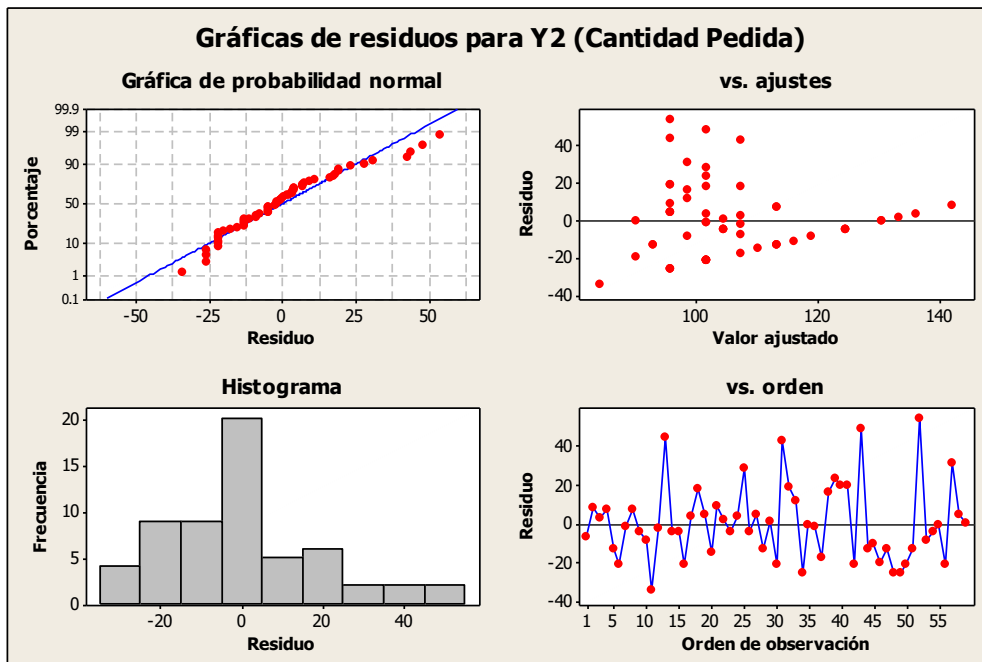
$$Y2 \text{ (Cantidad Pedida)} = 55.3 + 1.93 \text{ Tiempo de Despacho}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	55.32	10.85	5.10	0.000
Tiempo de Despacho	1.9281	0.4030	4.78	0.000

S = 19.5208 R-cuad. = 28.6% R-cuad.(ajustado) = 27.4%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	8720.3	8720.3	22.88	0.000
Error residual	57	21720.4	381.1		
Total	58	30440.7			



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,00 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para decir que el tiempo de entrega del producto tiene influencia significativa sobre la cantidad de producto pedida para el cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Costo de distribución (X4)

Prueba T: % de satisfacción al cliente versus Cantidad total de pedido planificados

Para comprobar si el factor de **Costo de distribución** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó una prueba T para dos muestras en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

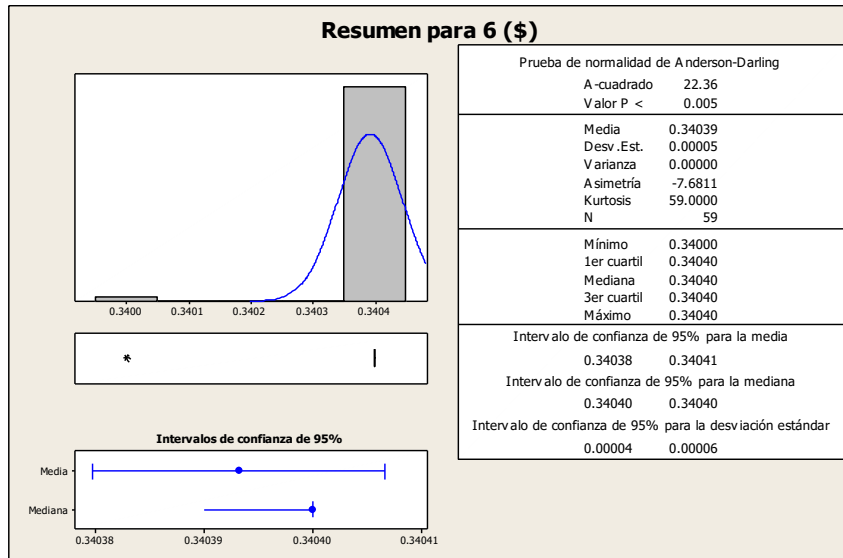
H₀: El costo de distribución no tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

H₁: La costo de distribución tiene influencia significativa en el porcentaje de satisfacción al cliente.

T de una muestra: 6 (\$)

Variable	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95%
6 (\$)	59	0.340400	0.000000	0.000000	(0.340400, 0.340400)

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos.



Se puede observar a simple vista la similitud de los valores de la columna de costo de transporte, por lo que se concluye que no es significativo sobre el porcentaje de satisfacción al cliente.

Cantidad de camiones disponibles (X5)

Análisis:

Debido a que los valores de la cantidad de camiones disponibles no varían de manera significativa en el tiempo, se considera que no es un factor influyente sobre la satisfacción del cliente. La misma que varía en el tiempo independientemente de la variación de la cantidad de camiones disponibles. Por este motivo no es necesaria la validación mediante un análisis estadístico más exhaustivo.

Capacidad de camión (X6)

One-way ANOVA: % de satisfacción al cliente versus Capacidad de camión.

Para comprobar si el factor de **capacidad de camión** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

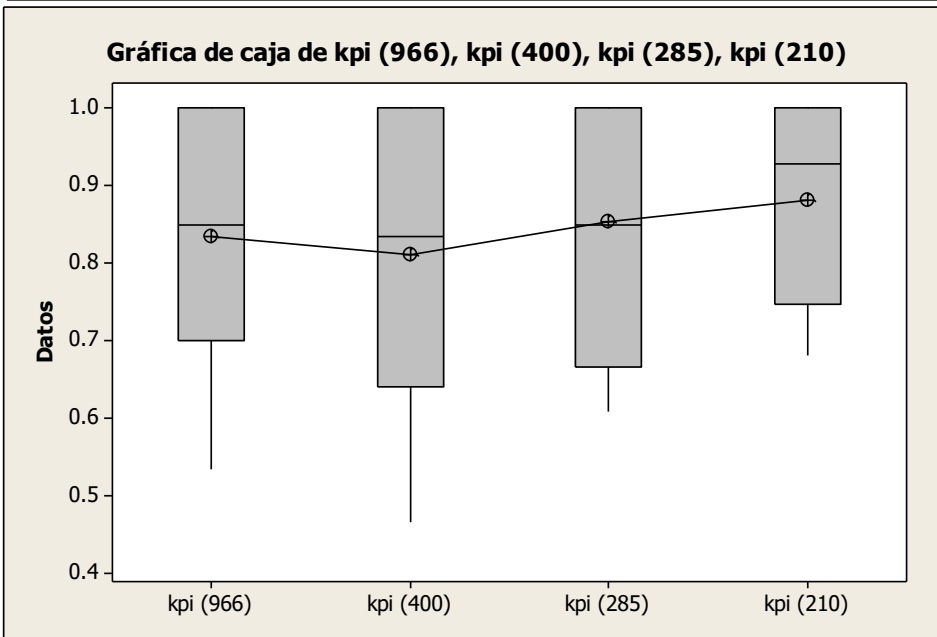
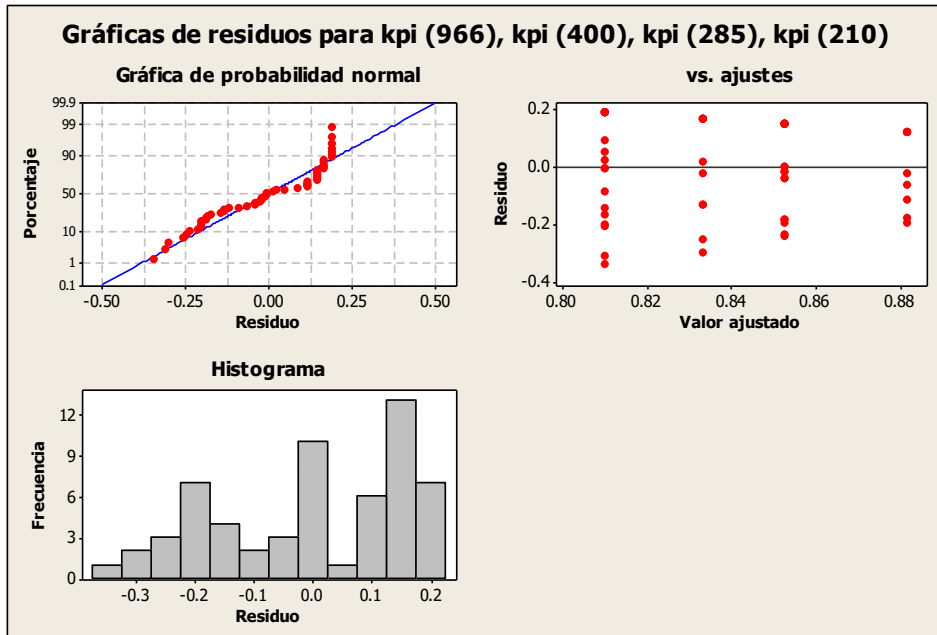
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	0.0380	0.0127	0.46	0.712
Error	55	1.5157	0.0276		
Total	58	1.5537			

S = 0.1660 R-cuad. = 2.45% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

Nivel	N	Media	Desv. Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv. Est. agrupada
kpi (966)	11	0.8336	0.1819	(-----*-----)
kpi (400)	19	0.8101	0.1856	(-----*-----)
kpi (285)	19	0.8527	0.1496	(-----*-----)
kpi (210)	10	0.8819	0.1341	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
 0.770 0.840 0.910 0.980

Desv.Est. agrupada = 0.1660



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,712 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente.

Prueba de Kruskal-Wallis: % de Satisfacción vs. Tipo de camión

Prueba de Kruskal-Wallis en KPI

Factor	N	Mediana	Clasificación del promedio	Z
1	11	0.8500	29.6	-0.08

2	19	0.8333	27.2	-0.86
3	19	0.8500	30.8	0.25
4	10	0.9286	34.1	0.84
General	59		30.0	

H = 1.13 GL = 3 P = 0.769
H = 1.23 GL = 3 P = 0.747 (ajustados para los vínculos)

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,769 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente.

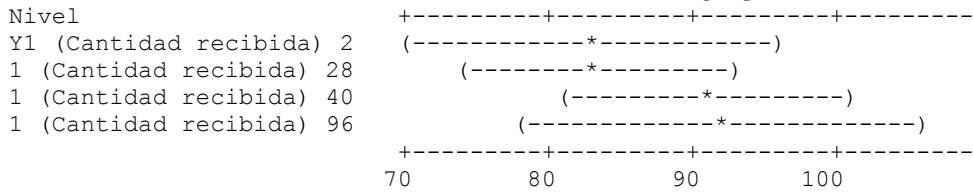
One-way ANOVA: Cantidad recibida versus Tipo de camión

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	924	308	0.67	0.572
Error	55	25139	457		
Total	58	26064			

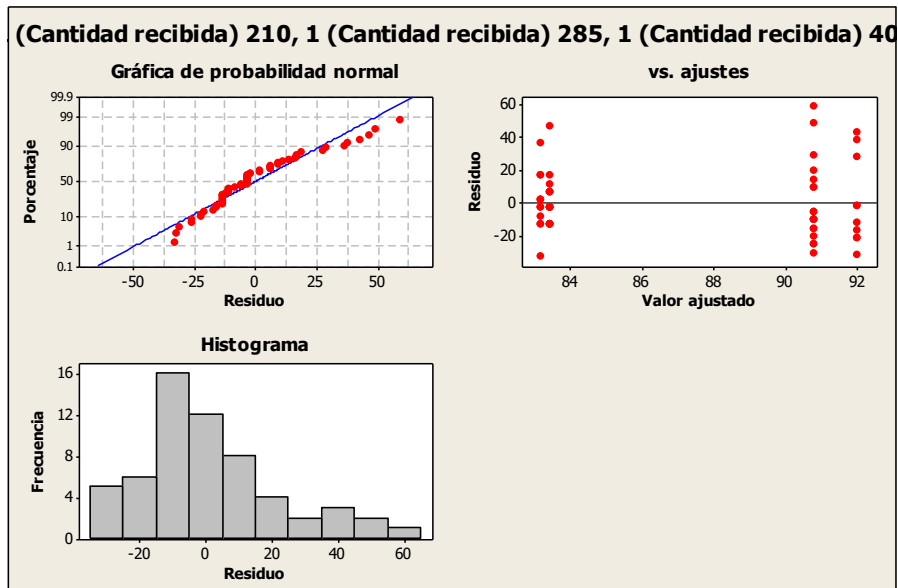
S = 21.38 R-cuad. = 3.55% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

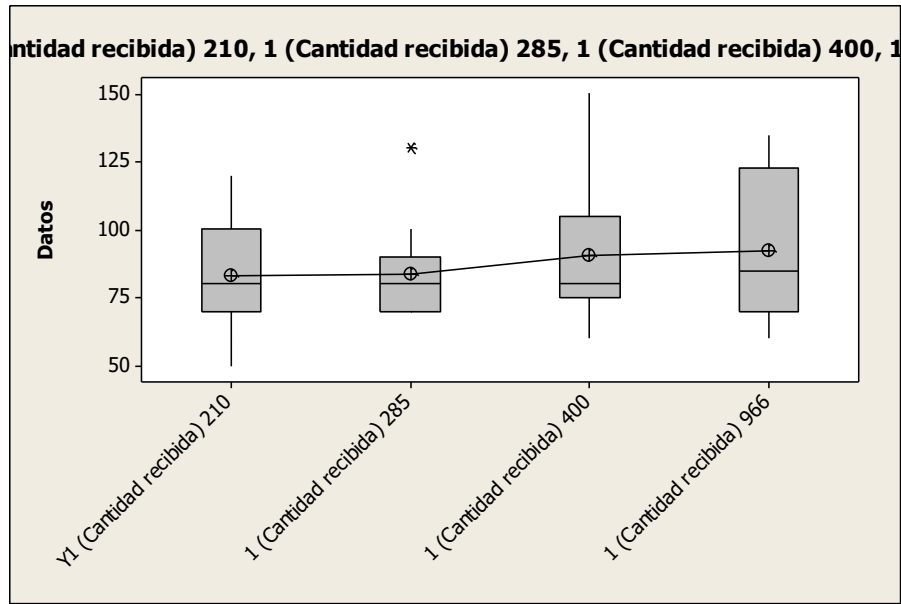
Nivel	N	Media	Desv.Est.
Y1 (Cantidad recibida) 2	11	83.18	18.61
1 (Cantidad recibida) 28	19	83.42	14.72
1 (Cantidad recibida) 40	19	90.79	25.01
1 (Cantidad recibida) 96	10	92.00	26.89

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 21.38





Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,572 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente.

Prueba de Kruskal-Wallis: Cantidad recibida vs. Tipo de camión

Prueba de Kruskal-Wallis en Y1 (Cantidad recibida)

Factor Tipo de Camion	N	Mediana	Clasificación del promedio	Z
1	11	80.00	28.5	-0.32
2	19	80.00	28.2	-0.54
3	19	80.00	31.8	0.54
4	10	85.00	31.6	0.33
General	59		30.0	

H = 0.58 GL = 3 P = 0.902

H = 0.59 GL = 3 P = 0.899 (ajustados para los vínculos)

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,902 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre la cantidad recibida.

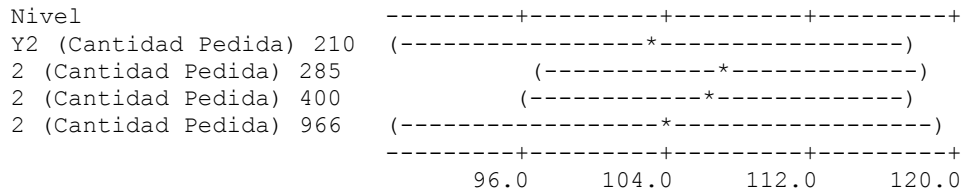
One-way ANOVA: Cantidad pedida versus Tipo de camión.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	3	166	55	0.10	0.959
Error	55	30275	550		
Total	58	30441			

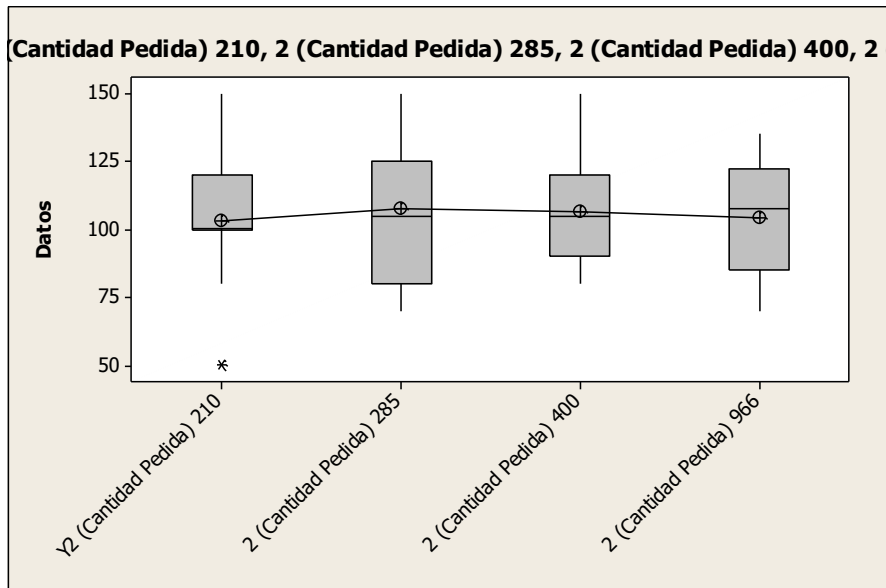
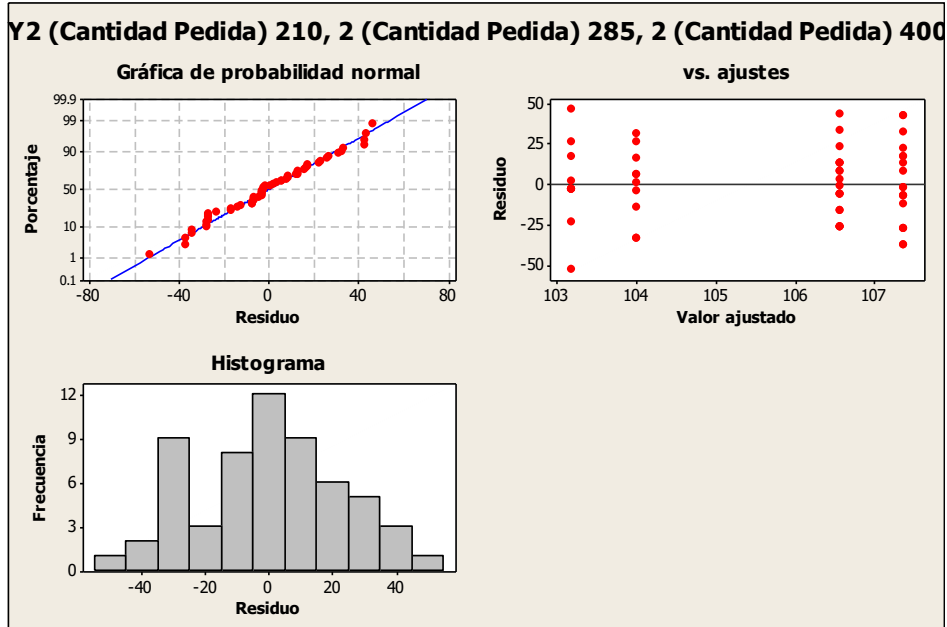
S = 23.46 R-cuad. = 0.55% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.
Y2 (Cantidad Pedida) 210	11	103.18	25.72
2 (Cantidad Pedida) 285	19	107.37	25.19
2 (Cantidad Pedida) 400	19	106.58	20.75
2 (Cantidad Pedida) 966	10	104.00	22.34

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada



Desv.Est. agrupada = 23.46



Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,959 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre la cantidad pedida

Prueba de Kruskal-Wallis: Cantidad pedida vs. Tipo de camión

Prueba de Kruskal-Wallis en Y2 (Cantidad Pedida)

Factor Tipo de Camion	N	Mediana	Clasificación del promedio	Z
1	11	100.0	28.3	-0.36
2	19	105.0	30.8	0.24
3	19	105.0	30.4	0.12
4	10	107.5	29.6	-0.07
General	59		30.0	

H = 0.16 GL = 3 P = 0.984

H = 0.16 GL = 3 P = 0.984 (ajustados para los vínculos)

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,902 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye el tipo de camión no tiene influencia sobre la cantidad pedida.

Ventana de tiempo para distribución (X7)

One-way ANOVA: % de satisfacción al cliente versus Ventana de tiempo para distribución.

Para comprobar si el factor de **Ventana de tiempo para distribución** genera influencia sobre el **Porcentaje de satisfacción del cliente** se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,043 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la Ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre el porcentaje de la satisfacción del cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Ventana de tiempo	3	1er Turno; 2do Turno; 3er Turno

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ventana de tiempo	2	0,04327	0,02163	0,80	0,043
Error	56	1,51048	0,02697		
Total	58	1,55375			

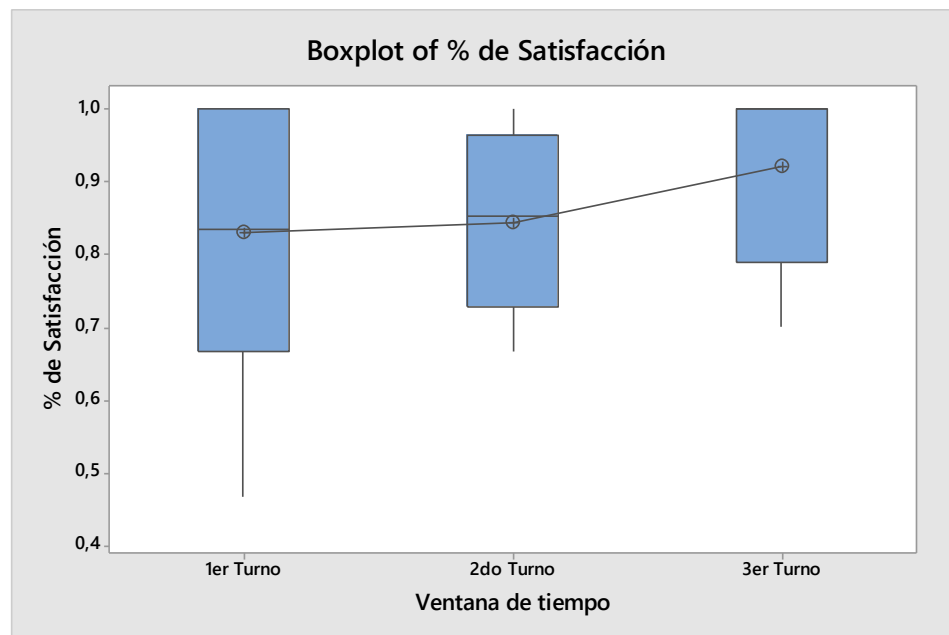
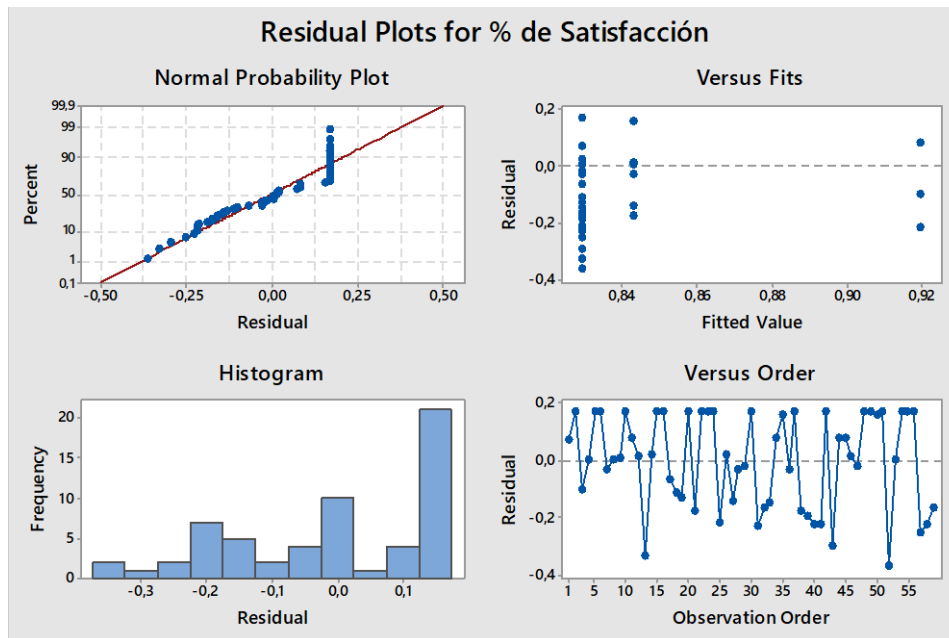
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,164234	2,78%	0,00%	0,00%

Means

Ventana	N	Mean	StDev	95% CI
de tiempo				
1er Turno	45	0,8294	0,1735	(0,7803; 0,8784)
2do Turno	8	0,8029	0,1208	(0,7266; 0,9093)
3er Turno	6	0,9197	0,1299	(0,7854; 1,0540)

Pooled StDev = 0,164234



Kruskal-Wallis Test: % de Satisfacción versus Ventana de tiempo

Kruskal-Wallis Test on % de Satisfacción

Ventana	N	Median	Ave Rank	Z
de tiempo				
1er Turno	45	0,8333	28,9	-0,88
2do Turno	8	0,8536	30,1	0,01
3er Turno	6	1,0000	38,2	1,23
Overall	59		30,0	

H = 1,54 DF = 2 P = 0,046
H = 1,67 DF = 2 P = 0,043 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,043$, se rechaza H_0 , si tiene influencia la ventana de tiempo para la distribución sobre el porcentaje de satisfacción del cliente.

Mann-Whitney Test and CI: % Satisfacción (1er Turno); % Satisfacción (2do Turno)

	N	Median
% Satisfacción (1er Turno)	45	0,8333
% Satisfacción (2do Turno)	9	0,8500

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is -0,0000
95,1 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-0,1124;0,1428)
W = 1242,5
Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,9168
The test is significant at 0,9142 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,9142$, no se rechaza H_0 , no existe diferencia significativa en la variable de respuesta para las dos variables analizadas

Mann-Whitney Test and CI: % Satisfacción (1er Turno); % Satisfacción (3er Turno)

	N	Median
% Satisfacción (1er Turno)	45	0,8333
% Satisfacción (3er Turno)	6	1,0000

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is -0,0134
95,2 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-0,2380;0,0000)
W = 1129,5
Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,2422
The test is significant at 0,2197 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,2197$, no se rechaza H_0 , no existe diferencia significativa en la variable de respuesta para las dos variables analizadas

Mann-Whitney Test and CI: % Satisfacción (2do Turno); % Satisfacción (3er Turno)

	N	Median
% Satisfacción (2do Turno)	9	0,8500
% Satisfacción (3er Turno)	6	1,0000

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is -0,1429
96,1 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-0,3000;0,0389)
W = 60,5
Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,1949
The test is significant at 0,0379 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,0379$, se rechaza H_0 , existe diferencia significativa en la variable de respuesta para las dos variables analizadas

One-way ANOVA: Cantidad de producto entregada al cliente versus Ventana de tiempo para distribución.

Para comprobar si el factor de **Ventana de tiempo para distribución** genera influencia sobre la **Cantidad de producto entregado al cliente** se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,471 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la Ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre la cantidad de producto entregado a cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Ventana de tiempo	3	1er Turno; 2do Turno; 3er Turno

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ventana de tiempo	2	690,8	345,4	0,76	0,471
Error	56	25372,8	453,1		
Total	58	26063,6			

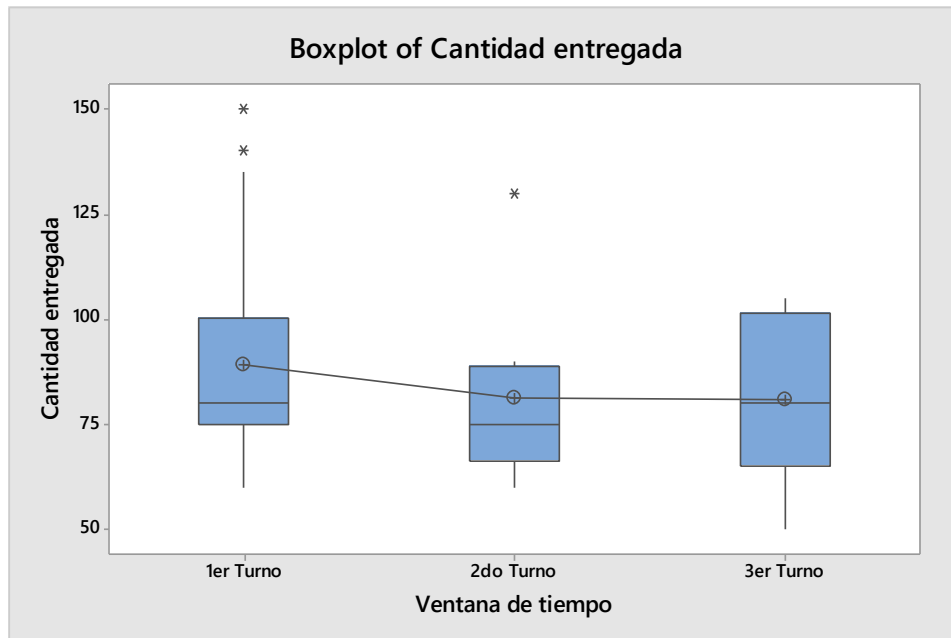
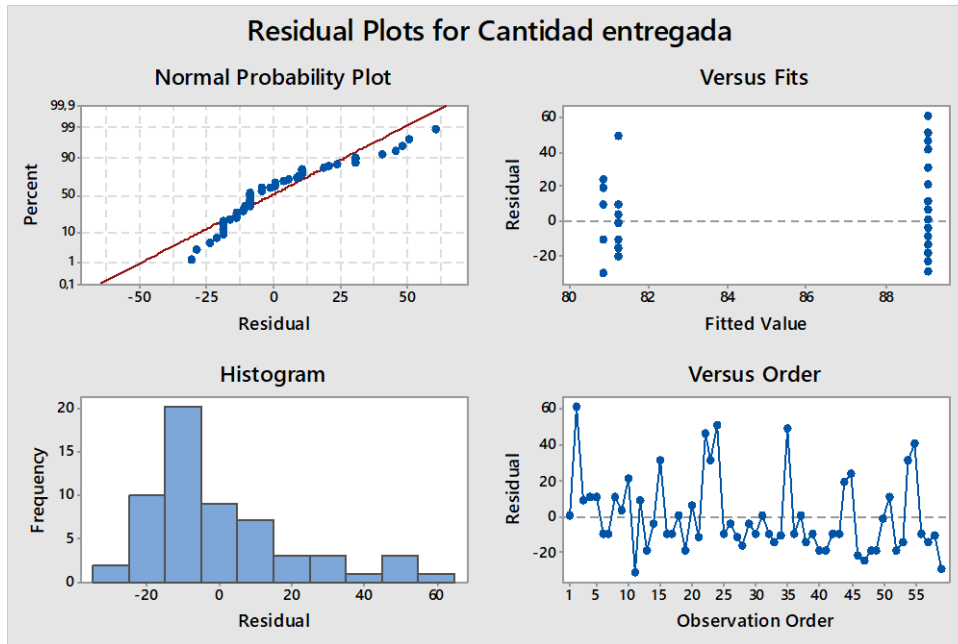
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
21,2858	2,65%	0,00%	0,00%

Means

Ventana de tiempo	N	Mean	StDev	95% CI
1er Turno	45	89,11	21,17	(82,75; 95,47)
2do Turno	8	81,25	22,16	(66,17; 96,33)
3er Turno	6	80,83	21,08	(63,43; 98,24)

Pooled StDev = 21,2858



Kruskal-Wallis Test: Cantidad entregada versus Ventana de tiempo

Kruskal-Wallis Test on Cantidad entregada

Ventana de tiempo	N	Median	Ave Rank	Z
1er Turno	45	80,00	31,6	1,28
2do Turno	8	75,00	23,4	-1,16
3er Turno	6	80,00	26,8	-0,49
Overall	59		30,0	

H = 1,77 DF = 2 P = 0,412

H = 1,81 DF = 2 P = 0,405 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,405$, no se rechaza H_0 , no tiene influencia la ventana de tiempo sobre la cantidad de producto entregada a los clientes.

One-way ANOVA: Cantidad de producto planificada para el cliente versus Ventana de tiempo para distribución.

Para comprobar si el factor de **Ventana de tiempo para distribución** genera influencia sobre la **Cantidad de producto planificada para el cliente** se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17 donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,051 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la Ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre el porcentaje de la cantidad de producto planificada al cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Ventana de tiempo	3	1er Turno; 2do Turno; 3er Turno

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Ventana de tiempo	2	3062	1531,2	3,13	0,051
Error	56	27378	488,9		
Total	58	30441			

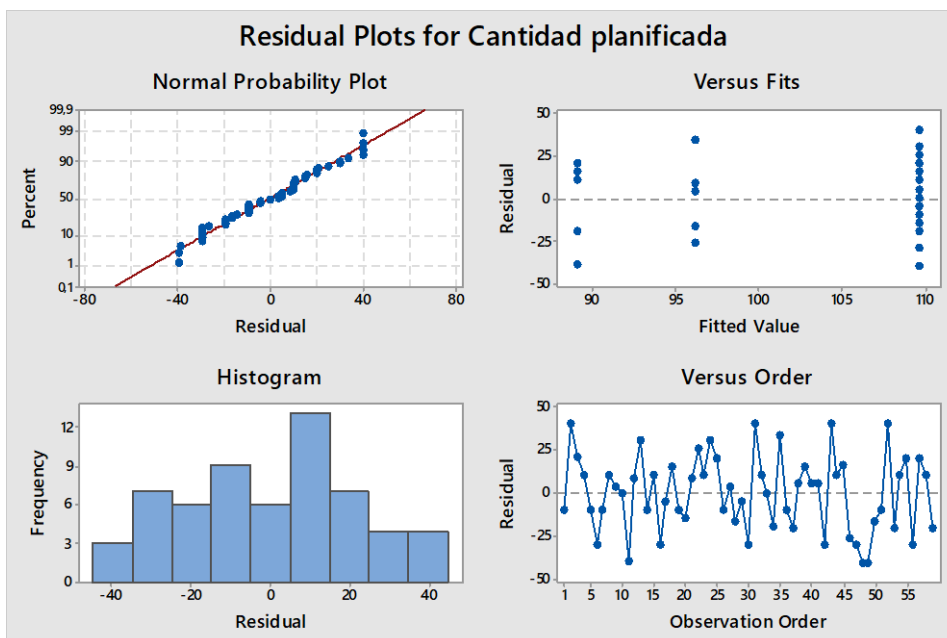
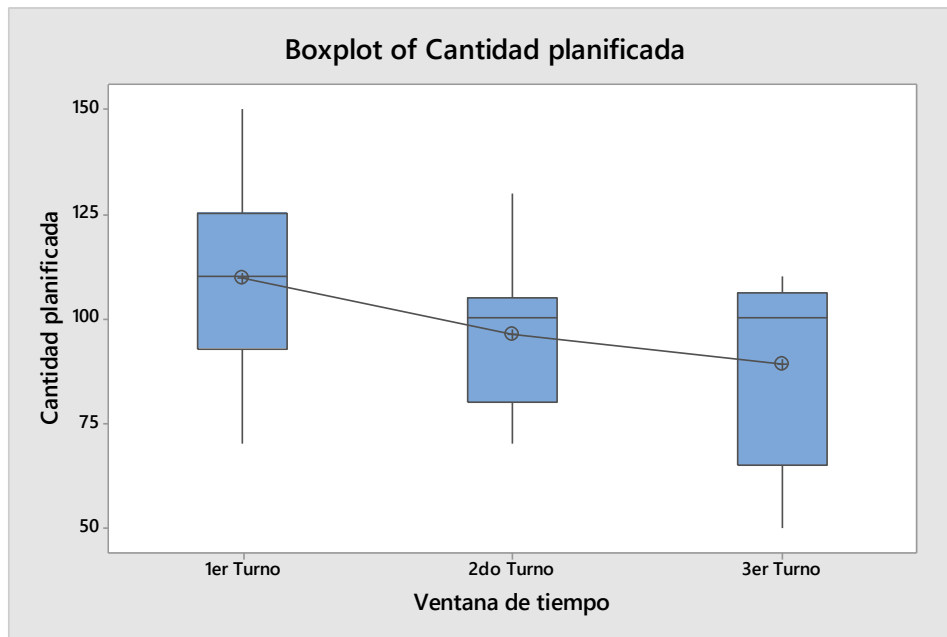
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
22,1111	10,06%	6,85%	0,11%

Means

Ventana de tiempo	N	Mean	StDev	95% CI
1er Turno	45	109,67	22,37	(103,06; 116,27)
2do Turno	8	96,25	19,04	(80,59; 111,91)
3er Turno	6	89,17	23,75	(71,08; 107,25)

Pooled StDev = 22,1111



Kruskal-Wallis Test: Cantidad planificada versus Ventana de tiempo

Kruskal-Wallis Test on Cantidad planificada

Ventana de tiempo	N	Median	Ave Rank	Z
1er Turno	45	110,0	32,6	2,08
2do Turno	8	100,0	23,0	-1,24
3er Turno	6	100,0	19,9	-1,52
Overall	59		30,0	

H = 11,42 DF = 2 P = 0,011
H = 11,48 DF = 2 P = 0,010 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,010$, se rechaza H_0 , si tiene influencia la ventana de tiempo de distribución sobre la cantidad de producto planificada para el cliente.

Ubicación de los centros de distribución (X8)

One-way ANOVA: % de Satisfacción del cliente versus Ubicación de los centros de distribución (Parroquias)

Para verificar si el factor de Ubicación de los centros de distribución genera influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,036 se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la Ventana de tiempo para la distribución sí tiene influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente y pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Lugar (Parroquias)	5	Febres Cordero; Letamendi; Pascuales; Tarqui; Ximena

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lugar (Parroquias)	4	0,1174	0,02936	1,10	0,364
Error	54	1,4363	0,02660		
Total	58	1,5537			

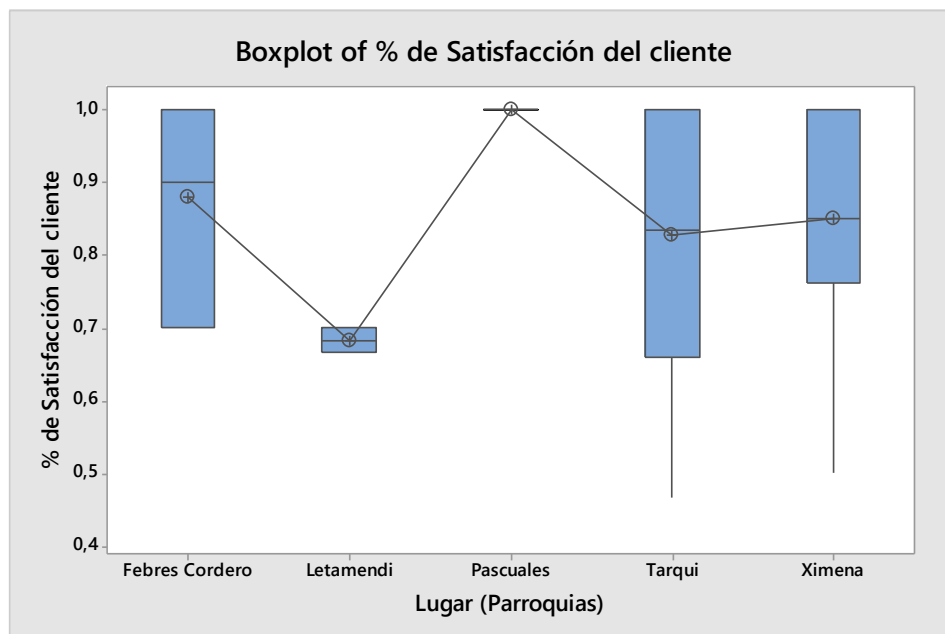
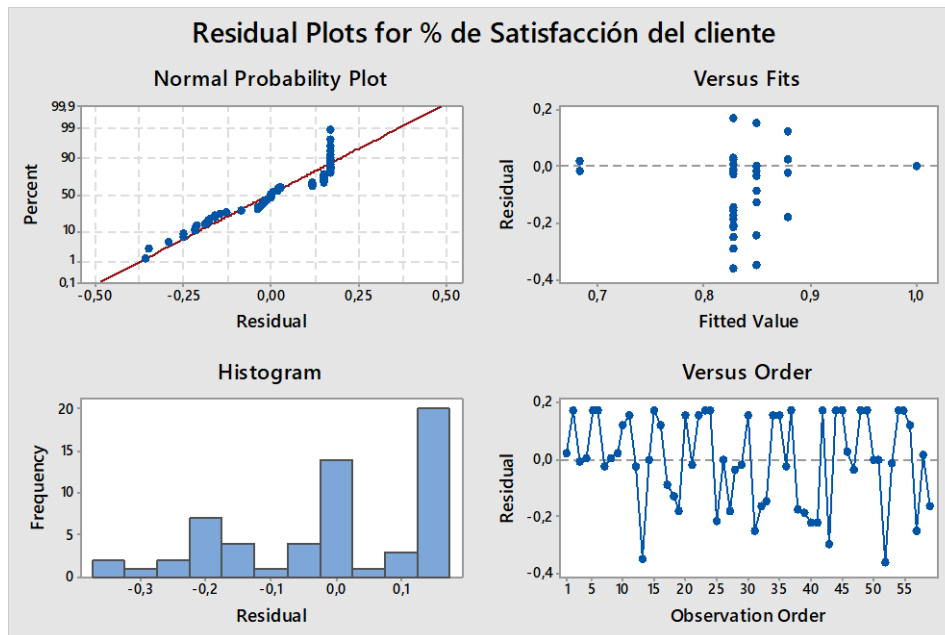
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,163089	7,56%	0,71%	0,00%

Means

Lugar (Parroquias)	N	Mean	StDev	95% CI
Febres Cordero	7	0,8796	0,1347	(0,7560; 1,0032)
Letamendi	2	0,6833	0,0236	(0,4521; 0,9145)
Pascuales	2	1,000	0,000	(0,769; 1,231)
Tarqui	33	0,8278	0,1749	(0,7709; 0,8848)
Ximena	15	0,8493	0,1576	(0,7649; 0,9338)

Pooled StDev = 0,163089



Kruskal-Wallis Test: % de Satisfacción versus Lugar (Parroquia)

Kruskal-Wallis Test on % de Satisfacción del cliente

Lugar (Parroquias)	N	Median	Ave Rank	Z
Febres Cordero	7	0,9000	34,2	0,69
Letamendi	2	0,6833	14,0	-1,34
Pascuales	2	1,0000	47,0	1,42
Tarqui	33	0,8333	28,7	-0,63
Ximena	15	0,8500	30,7	0,17
Overall	59		30,0	

H = 11,32 DF = 4 P = 0,036

H = 11,67 DF = 4 P = 0,032 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,032$, se rechaza H_0 , si tiene influencia el centro de distribución sobre el porcentaje de satisfacción del cliente.

One-way ANOVA: Cantidad entregada al cliente versus Ubicación de los centros de distribución (Parroquias)

Para verificar si el factor de Ubicación de los centros de distribución genera influencia sobre la cantidad entregada al cliente se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,688 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la ubicación de los centros de distribución sí tiene influencia sobre la cantidad de producto entregada al cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Lugar (Parroquias) Ximena	5	Febres Cordero; Letamendi; Pascuales; Tarqui;

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lugar (Parroquias)	4	1049	262,2	0,57	0,688
Error	54	25015	463,2		
Total	58	26064			

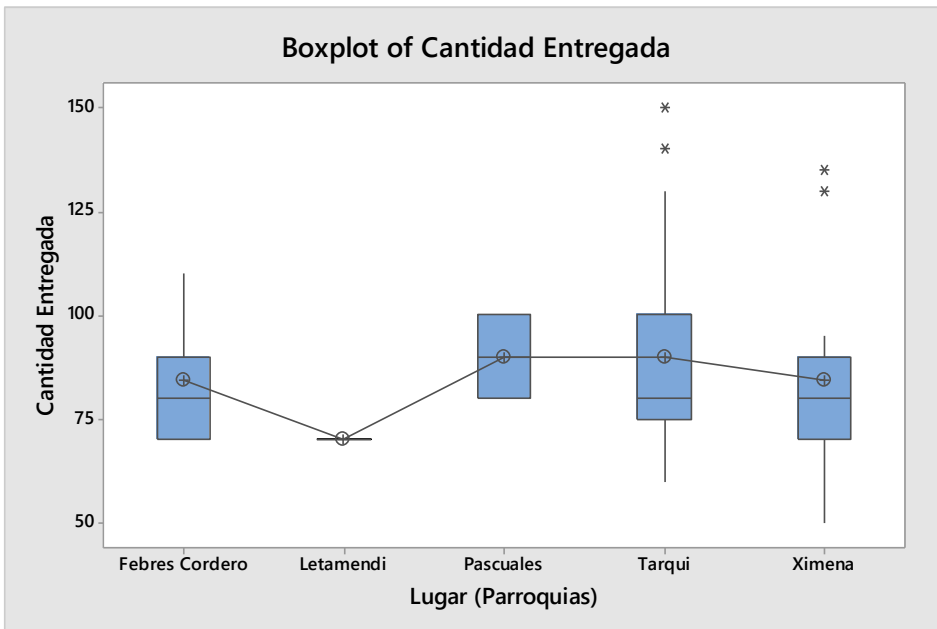
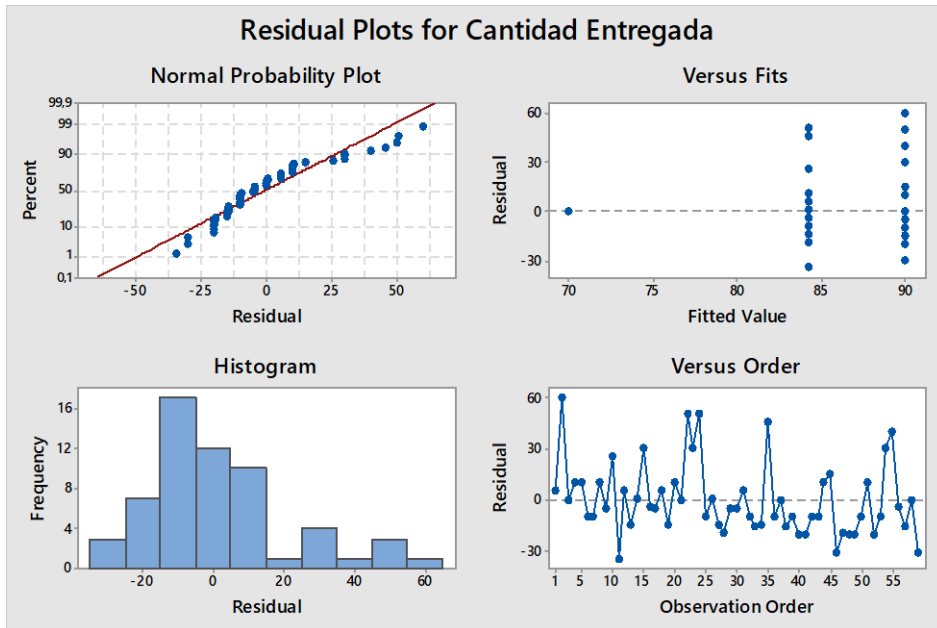
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
21,5229	4,02%	0,00%	0,00%

Means

Lugar (Parroquias)	N	Mean	StDev	95% CI
Febres Cordero	7	84,29	13,97	(67,98; 100,60)
Letamendi	2	70,00	0,00	(39,49; 100,51)
Pascuales	2	90,0	14,1	(59,5; 120,5)
Tarqui	33	90,00	22,60	(82,49; 97,51)
Ximena	15	84,33	22,82	(73,19; 95,47)

Pooled StDev = 21,5229



Kruskal-Wallis Test: Cantidad Entregada versus Lugar (Parroquias)

Kruskal-Wallis Test on Cantidad Entregada

Lugar (Parroquias)	N	Median	Ave Rank	Z
Febres Cordero	7	80,00	29,7	-0,05
Letamendi	2	70,00	11,0	-1,59
Pascuales	2	90,00	37,0	0,59
Tarqui	33	80,00	31,9	0,96
Ximena	15	80,00	27,5	-0,64
Overall	59		30,0	

H = 3,50 DF = 4 P = 0,478

H = 3,57 DF = 4 P = 0,468 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,468$, no se rechaza H_0 , no si tiene influencia el centro de distribución sobre la cantidad de producto entregada al cliente.

One-way ANOVA: Cantidad de producto planificada para el cliente versus Ubicación de los centros de distribución (Parroquias)

Para comprobar si el factor de Ubicación de los centros de distribución genera influencia sobre la cantidad de producto planificada para el cliente se realizó un ANOVA en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,421 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que la Ubicación de los centros de distribución sí tiene influencia sobre la cantidad de producto planificada para el cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

One-way ANOVA: Cant. Planificada versus Lugar (Parroquias)

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Lugar (Parroquias)	5	Febres Cordero; Letamendi; Pascuales; Tarqui; Ximena

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lugar (Parroquias)	4	2115	528,6	1,01	0,412
Error	54	28326	524,6		
Total	58	30441			

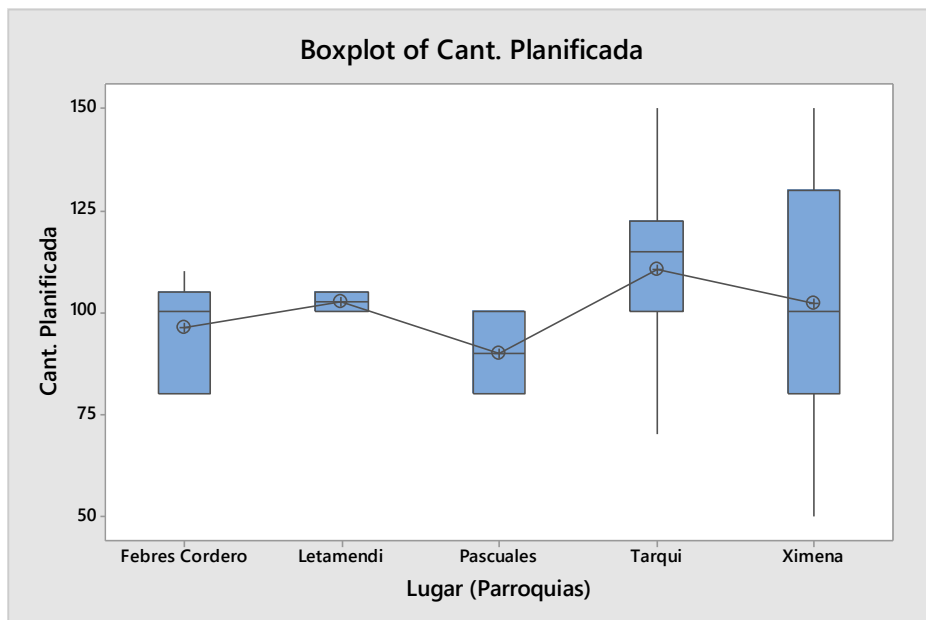
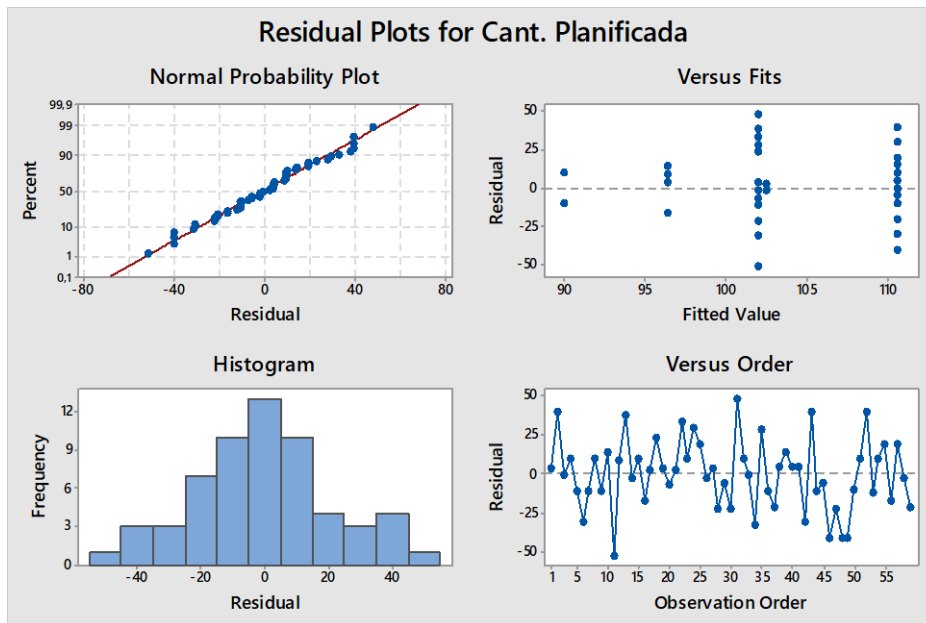
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
22,9032	6,95%	0,05%	0,00%

Means

Lugar (Parroquias)	N	Mean	StDev	95% CI
Febres Cordero	7	96,43	11,80	(79,07; 113,78)
Letamendi	2	102,50	3,54	(70,03; 134,97)
Pascuales	2	90,0	14,1	(57,5; 122,5)
Tarqui	33	110,61	22,18	(102,61; 118,60)
Ximena	15	102,00	28,71	(90,14; 113,86)

Pooled StDev = 22,9032



Kruskal-Wallis Test: Cant. Planificada versus Lugar (Parroquias)

Kruskal-Wallis Test on Cant. Planificada

Lugar (Parroquias)	N	Median	Ave Rank	Z
Febres Cordero	7	100,00	22,5	-1,23
Letamendi	2	102,50	27,8	-0,19
Pascuales	2	90,00	16,5	-1,13
Tarqui	33	115,00	33,8	1,94
Ximena	15	100,00	27,1	-0,75
Overall	59		30,0	

H = 4,68 DF = 4 P = 0,322

H = 4,74 DF = 4 P = 0,315 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,315$ no se rechaza H_0 , no si tiene influencia el centro de distribución sobre la cantidad de producto planificada al cliente.

Tipo de camión (X9)

Prueba T e IC de dos muestras: % de Satisfacción al cliente, Tipo de camión.

Para comprobar si el factor de Tipo de camión genera influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente se realizó una prueba t de dos muestras en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

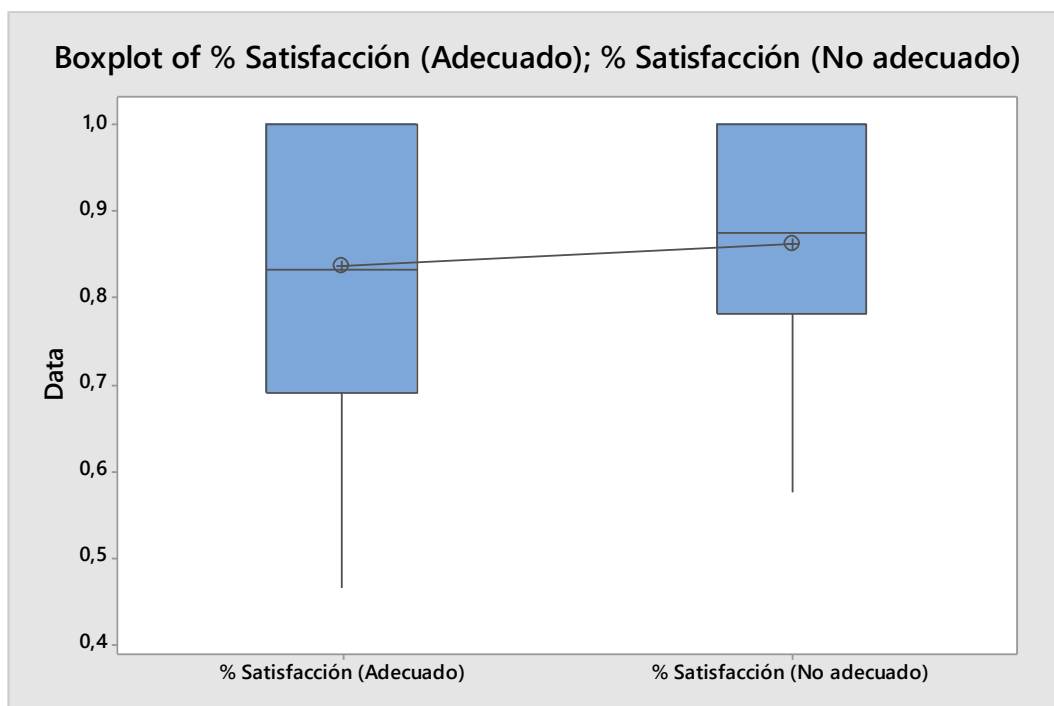
$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,724 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el tipo de camión sí tiene influencia sobre el porcentaje de satisfacción del cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Two-sample T for % Satisfacción (Adecuado) vs % Satisfacción (No adecuado)

	N	Mean	StDev	SE Mean
% Satisfacción (Adecuado)	53	0,838	0,166	0,023
% Satisfacción (No adecu	6	0,863	0,156	0,064

Difference = μ (% Satisfacción (Adecuado)) - μ (% Satisfacción (No adecuado))
Estimate for difference: -0,0250
95% CI for difference: (-0,1901; 0,1402)
T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = -0,37 P-Value = 0,724 DF = 6



Regression Analysis: % Satisfacción versus Tipo de Camión

Method

Categorical predictor coding (1; 0)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0,00336	0,003363	0,12	0,726
Tipo de Camión	1	0,00336	0,003363	0,12	0,726
Error	57	1,55039	0,027200		
Total	58	1,55375			

Model Summary

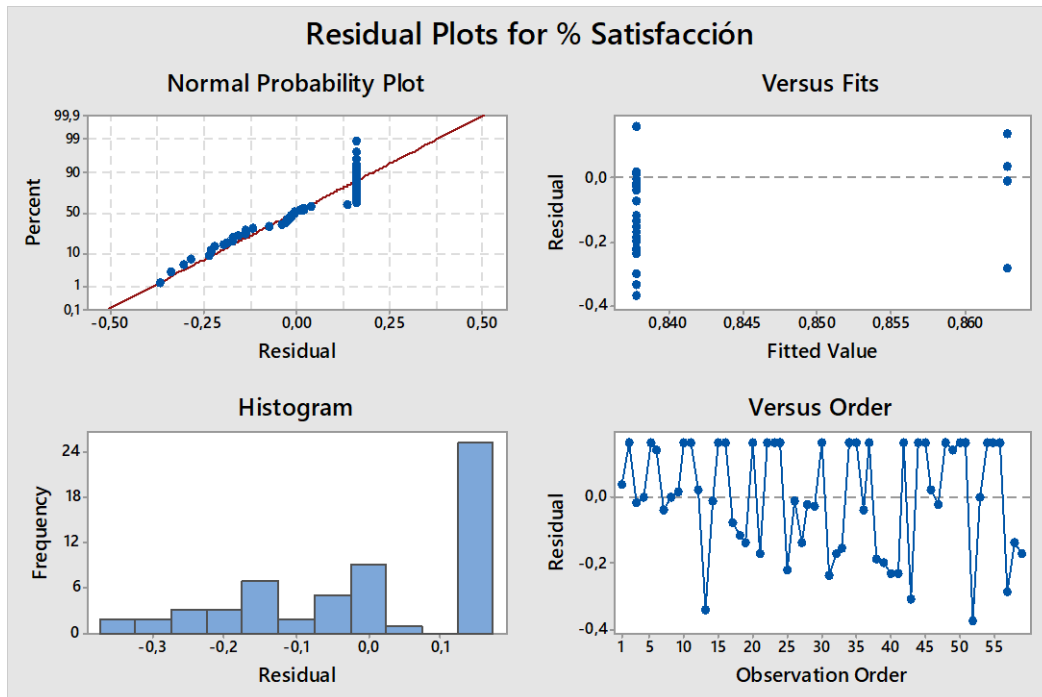
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,164924	0,22%	0,00%	0,00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,8378	0,0227	36,98	0,000	
Tipo de Camión					
No adecuado	0,0250	0,0710	0,35	0,726	1,00

Regression Equation

$$\% \text{ Satisfacción} = 0,8378 + 0,0 \text{ Tipo de Camión_Adecuado} + 0,0250 \text{ Tipo de Camión_No adecuado}$$



Mann-Whitney Test and CI: % Satisfacción (; % Satisfacción (

	N	Median
% Satisfacción (Adecuado)	53	0,8333
% Satisfacción (No adecuado)	6	0,8750

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is 0,0000
 95,1 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-0,1834;0,1500)
 W = 1578,0
 Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,7730
 The test is significant at 0,7641 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,764$ no se rechaza H_0 , no si tiene influencia el tipo de camión sobre la satisfacción del cliente.

Prueba T e IC de dos muestras: Cantidad de producto entregada al cliente, Tipo de camión.

Para comprobar si el factor de Tipo de camión genera influencia sobre la cantidad de producto entregada al cliente se realizó una prueba t de dos muestras en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,115 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el tipo de camión sí tiene influencia sobre la cantidad de producto entregada al cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Two-sample T for Cant. Ent. (Adecuado) vs Cant. Ent (No adecuado)

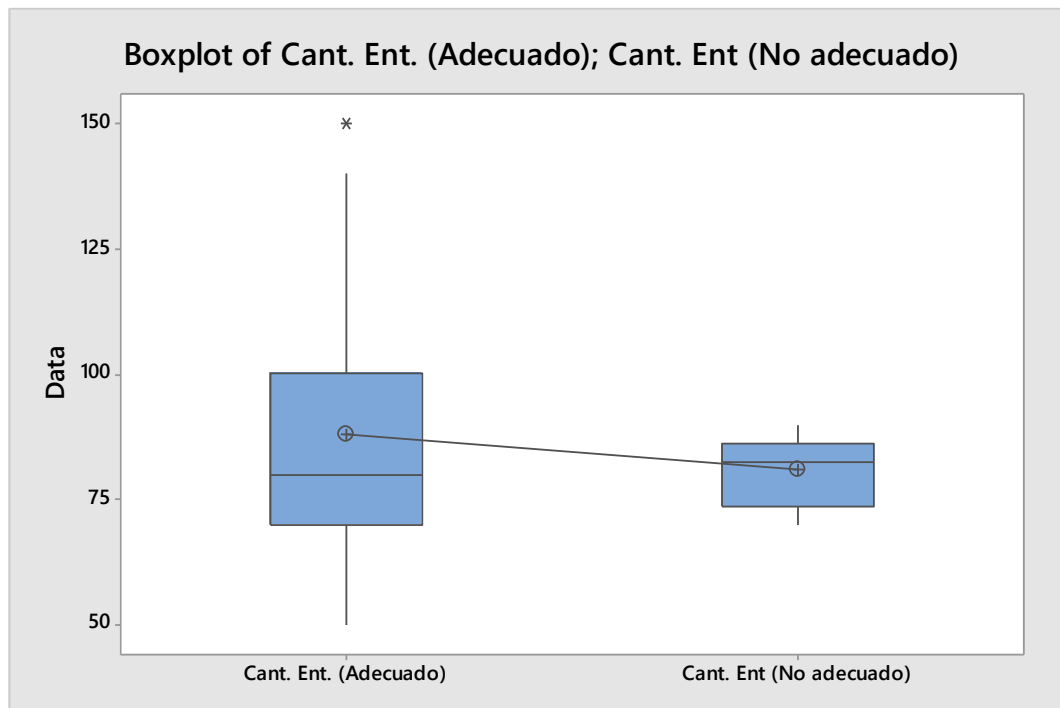
	N	Mean	StDev	SE Mean
Cant. Ent. (Adecuado)	53	87,9	22,2	3,0
Cant. Ent (No adecuado)	6	80,83	7,36	3,0

Difference = μ (Cant. Ent. (Adecuado)) - μ (Cant. Ent (No adecuado))

Estimate for difference: 7,09

95% CI for difference: (-1,89; 16,08)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 1,66 **P-Value = 0,115** DF = 18



Regression Analysis: Cant. Entregada versus Tipo de Camión

Method
Categorical predictor coding (1; 0)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	271,0	271,0	0,60	0,442
Tipo de Camión	1	271,0	271,0	0,60	0,442
Error	57	25792,5	452,5		
Total	58	26063,6			

Model Summary

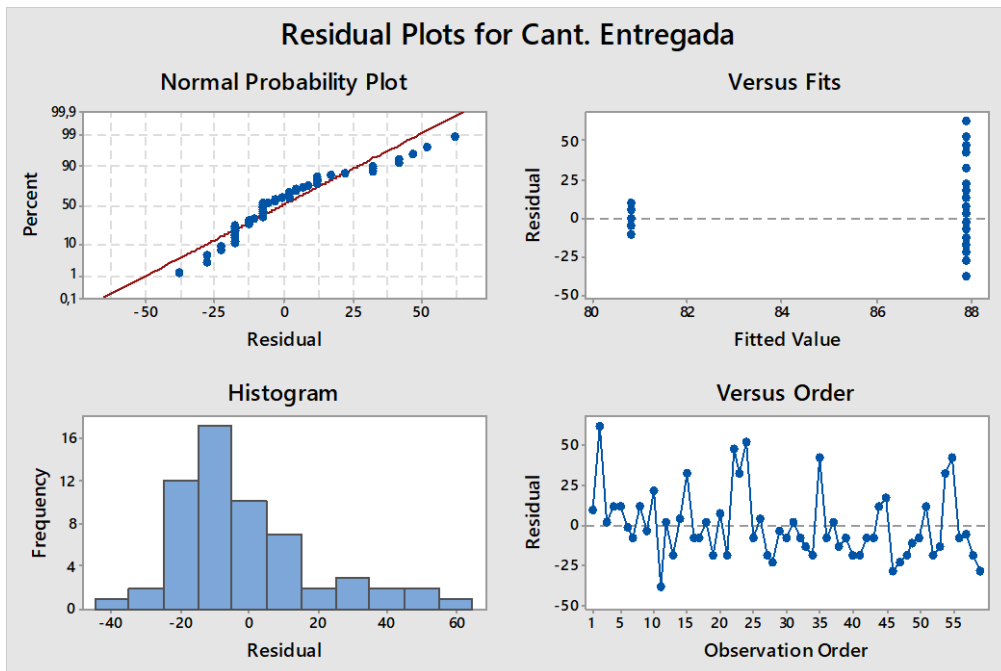
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
21,2721	1,04%	0,00%	0,00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	87,92	2,92	30,09	0,000	
Tipo de Camión					
No adecuado	-7,09	9,16	-0,77	0,442	1,00

Regression Equation

Cant. Entregada = 87,92 + 0,0 Tipo de Camión_Adecuado - 7,09 Tipo de Camión_No adecuado



Mann-Whitney Test and CI: Cant. Ent. (Adecuado); Cant. Ent (No adecuado)

	N	Median
Cant. Ent. (Adecuado)	53	80,00
Cant. Ent (No adecuado)	6	82,50

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is 0,00
 95,1 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-10,00;20,00)
 W = 1602,0
 Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,7730
 The test is significant at 0,7709 (adjusted for ties)

Con valor p = 0,771 no se rechaza H0, no si tiene influencia el tipo de camión sobre la cantidad de producto entregada al cliente.

Prueba T e IC de dos muestras: Cantidad de producto planificada para el cliente, Tipo de camión.

Para comprobar si el factor de Tipo de camión genera influencia sobre la cantidad de producto planificada para el cliente se realizó una prueba t de dos muestras en el software estadístico Minitab 17, donde se tiene como prueba de hipótesis que:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

Con nivel de significancia $\alpha = 0.05$, con valor p igual a 0,304 no se rechazó la hipótesis nula por lo que se concluye que no existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el tipo de camión sí tiene influencia sobre la cantidad de producto planificada para el cliente y no pasará a ser tomado en cuenta en la fase de mejora.

Two-sample T for Cant. Plan. (Adecuado) vs Cant. Plan. (No adecuado)

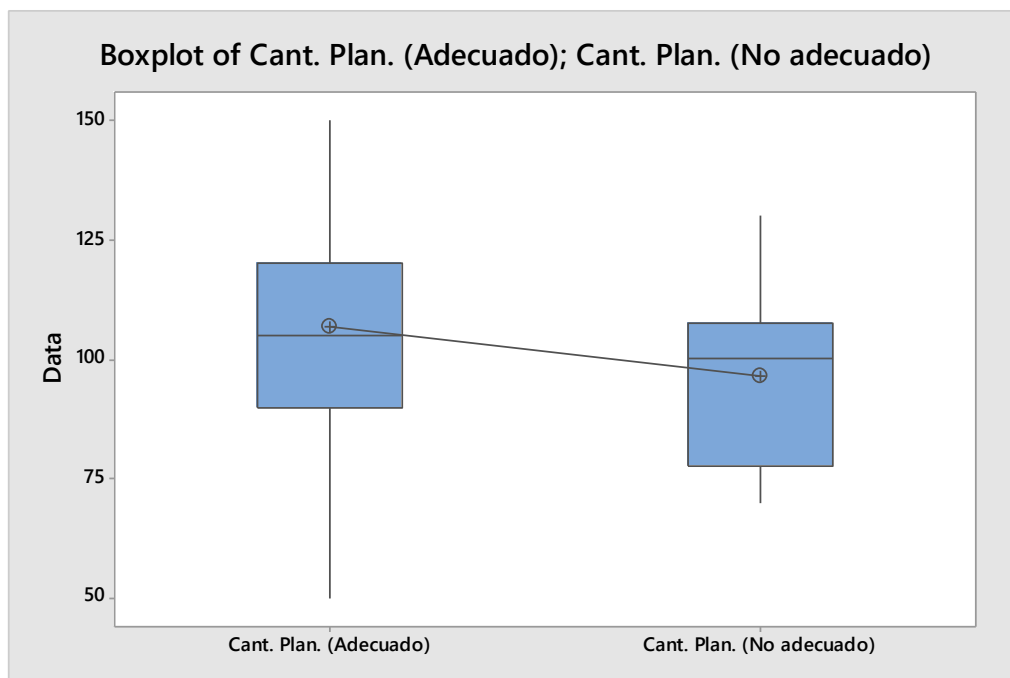
	N	Mean	StDev	SE Mean
Cant. Plan. (Adecuado)	53	106,8	23,1	3,2
Cant. Plan. (No adecuado)	6	96,7	20,7	8,4

Difference = μ (Cant. Plan. (Adecuado)) - μ (Cant. Plan. (No adecuado))

Estimate for difference: 10,13

95% CI for difference: (-11,92; 32,17)

T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 1,12 **P-Value = 0,304** DF = 6



Regression Analysis: Cant. Planificada versus Tipo de Camión

Method

Categorical predictor coding (1; 0)

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	552,6	552,6	1,05	0,309
Tipo de Camión	1	552,6	552,6	1,05	0,309
Error	57	29888,1	524,4		
Total	58	30440,7			

Model Summary

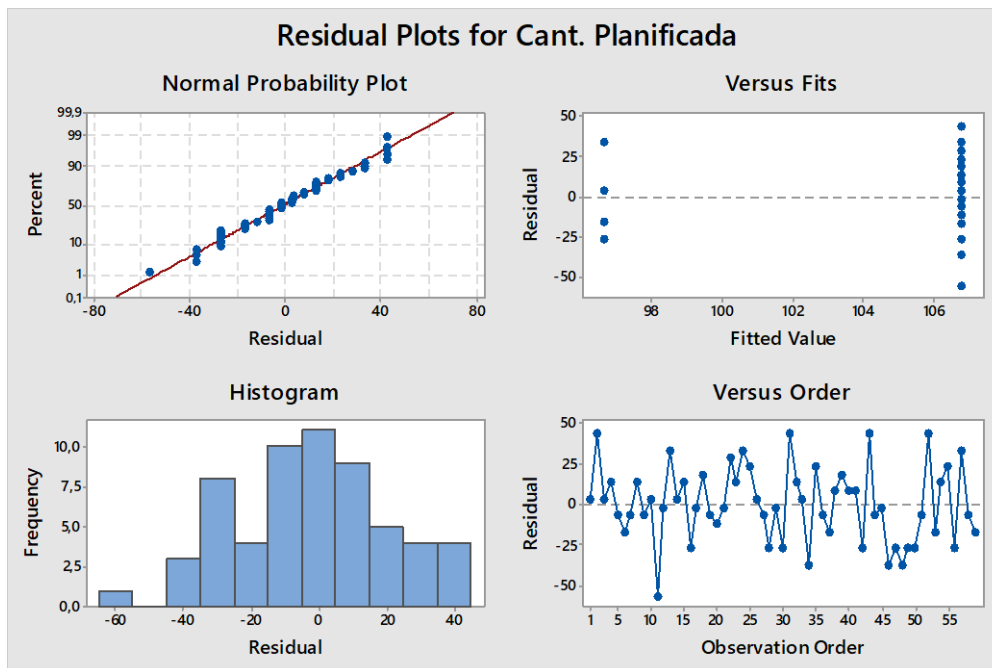
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
22,8987	1,82%	0,09%	0,00%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	106,79	3,15	33,95	0,000	
Tipo de Camión					
No adecuado	-10,13	9,86	-1,03	0,309	1,00

Regression Equation

Cant. Planificada = 106,79 + 0,0 Tipo de Camión_Adecuado - 10,13 Tipo de Camión_No adecuado



Mann-Whitney Test and CI: Cant. Plan. (Adecuado); Cant. Plan. (No adecuado)

	N	Median
Cant. Plan. (Adecuado)	53	105,00
Cant. Plan. (No adecuado)	6	100,00

Point estimate for $\eta_1 - \eta_2$ is 10,00
 95,1 Percent CI for $\eta_1 - \eta_2$ is (-10,01;30,01)
 W = 1636,0
 Test of $\eta_1 = \eta_2$ vs $\eta_1 \neq \eta_2$ is significant at 0,2538
 The test is significant at 0,2506 (adjusted for ties)

Con valor $p = 0,2506$ no se rechaza H_0 , no si tiene influencia el tipo de camión sobre la cantidad de producto entregada al cliente.