

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de un modelo de planificación de horarios de personal operativo en
un supermercado.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Gabriela Georgina Campoverde Vera

Viviana Carolina Vanegas Arriaga

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Isabel Arriaga y Ángel Vanegas quienes siempre me han apoyado en cada una de las decisiones que he tomado y han motivado para seguir adelante sin importar los obstáculos, en especial a mi madre por forjar quien soy; a mi esposo y a mis hijos Ethan y Emma que son y serán el motor principal de mi vida.

Viviana Carolina Vanegas Arriaga

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mi mamá porque sin ella no lo hubiese logrado, a mi papá que desde arriba sé que está orgulloso de mi por este logro, a mi amor quien siempre me motivo a seguir, mis hermanas que siempre me han aconsejado.

Y también se lo dedico a mi gata Scarlet que fue mi compañera en todos mis desvelos.

Gabriela Georgina Campoverde Vera

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Marcos Buestán pieza clave en este proyecto quien direccionó nuestros conocimientos en cada etapa brindándonos directrices en base a su inmensa experiencia y sabiduría, y por siempre haber estado presto a resolvernó cualquier inquietud.

***Gabriela Georgina Campoverde Vera &
Viviana Carolina Vanegas Arriaga***

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gabriela Georgina Campoverde Vera* y *Viviana Carolina Vanegas Arriaga* doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral) realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Autor 1

*Gabriela Georgina
Campoverde Vera*



Autor 2

*Viviana Carolina
Vanegas Arriaga*

EVALUADORES

.....
Marcos Buestán

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Marcos Buestán

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El sector Retail está creciendo exponencialmente 2,3% al año en Ecuador, sin embargo, este sector se caracteriza por extensas jornadas de trabajo saturando al personal y disminuyendo el nivel de servicio. En este proyecto se trabaja con un supermercado que necesita incorporar en sus operaciones un modelo de planificación de turnos rotativos del personal operativo que equilibre su carga de trabajo, debido a que la planificación es manual, sin un análisis cuantitativo confiable ni basado en una demanda proyectada.

Para la resolución se consideró modelos de asignación de programación entera posterior a esto se lo modelo en GAMS que, a partir de una proyección de la demanda por hora, se determinó el número de personal requerido y se generaron horarios semanales.

Sin embargo, el modelo no garantiza un incremento en el nivel de servicio por lo que, se realizó una fusión entre el modelo y teoría de colas, en la cual se simuló una cola simple obteniendo el número de cajeros necesarios a planificar a diario.

Con la implementación del modelo se redujeron 10,11% el indicador de horas hombre trabajadas, 11,46% costos de nómina, 11,36% de incremento de días libres para el personal operativo lo que tuvo una repercusión en el nivel de servicio con una disminución de ventas pérdidas del 63,4%.

En conclusión, el modelo tiene gran impacto en la reducción de costos de nómina y ventas pérdidas y la calidad de vida del personal mejoro, aumentando el nivel del servicio y afianzando la relación de fidelización con el cliente.

Palabras Clave: Supermercado, simulación, Turnos de trabajo, Transacciones, Programación entera.

ABSTRACT

The retail sector is growing exponentially 2.3% per year in Ecuador, however, this sector is characterized by long working hours saturating the staff and decreasing the level of service. In this project we work with a supermarket that needs to incorporate in its operations a rotational shift planning model for the operative personnel that balances its workload, because the planning is manual, without a reliable quantitative analysis or based on a projected demand.

For the resolution, we considered integer scheduling allocation models, after which the GAMS model, based on a projection of the hourly demand, determined the number of personnel required and generated weekly schedules.

However, the model does not guarantee an increase in the level of service, so a fusion between the model and queuing theory was performed, in which a simple queue was simulated to obtain the number of cashiers needed to plan daily.

With the implementation of the model, the man-hour's worked indicator was reduced by 10.11%, payroll costs were reduced by 11.46%, and there was an 11.36% increase in days off for operating personnel, which had an impact on the level of service with a 63.4% reduction in lost sales.

In conclusion, the model has a great impact on the reduction of payroll costs and lost sales and the quality of life of the personnel improved, increasing the level of service, and strengthening the relationship of loyalty with the client.

Keywords: *Supermarket, Simulation, Shift work, Transactions, Integer programming.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	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	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 Etapa de Definición	2
1.4.2 Etapa de Recolección de Datos	3
1.4.3 Etapa de Análisis	3
1.4.4 Etapa de Diseño	5
1.4.5 Etapa de Prototipado	5
CAPÍTULO 2	6
2. Metodología	6
2.1 Definición	6
2.1.1 La voz del Cliente	6
2.1.2 Alcance	7

2.1.3	Herramienta para la Calidad.....	8
2.1.4	Establecimiento de Oportunidad	9
2.1.5	Restricciones Legales.....	10
2.2	Recolección de Datos.....	10
2.2.1	Plan de Recolección de Datos	10
2.3	Análisis Financiero.....	12
2.3.1	Ingresos.....	14
2.3.2	Egresos	16
CAPÍTULO 3.....		20
3.	Resultados y Análisis	20
3.1	Selección del modelo matemático	20
3.2	Formulación del modelo matemático seleccionado	22
3.3	Resultados	30
3.3.1	Resultados de la Simulación	30
3.3.2	Resultados del Modelo Matemático en Gams	36
CAPÍTULO 4.....		39
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	39
4.1	Conclusiones	39
4.2	Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA		40
APÉNDICES		41

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality
QFD	Quality Function Deployment
ARCISA	Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.
MILP	Mixed-Integer Linear Programming
POS	Point of Sale
QFD	Quality Functional Deployment
RRHH	Recursos Humanos
TPP	Trabajo por procesos

SIMBOLOGÍA

min	Minuto
seg	Segundo
h	Horas
$N(t)$	Número de clientes en el sistema en el tiempo t
ρ	Factor de utilización del sistema de atención
s	Número de servidores
λ	Tasa media de llegadas
μ	Tasa media de servicio
j	Número de clientes en cola
$P(j \geq s)$	Probabilidad de que esté ocupado el sistema
Lq	Número de clientes promedio en cola
Wq	Tiempo promedio que un cliente pasa en cola

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Lluvia de Ideas con Departamento de Mejora continua	6
Figura 2.2 Lluvia de Ideas con Departamento de RRHH y Data Scientist	7
Figura 2.3 Actividades Criticas a analizar por pilar TPP	7
Figura 2.4 Quality Function Deployment.....	8
Figura 2.5 Herramienta 5W+1H.	9
Figura 2.6 Plan de Recolección de Datos.....	11
Figura 2.7 Errores comunes en Actividades Criticas.....	12
Figura 2.8 Número de Ventas Perdidas por dia.	13
Figura 2.9 Número de ventas perdida por motivos.	15
Figura 2.10 Número de horas extras del personal tiempo completo	16
Figura 2.11 Ahorro proyectado.....	16
Figura 2.12 Portada del software	18
Figura 2.13 Análisis Financiero	19
Figura 3.1 Matriz de comparación de opciones de modelos.....	20
Figura 3.2 Análisis de las mejores alternativas	21
Figura 3.3 Selección del modelo por Matriz Pugh	22
Figura 3.4 Paso para resolver el modelo en Gams	24
Figura 3.5 Capturas del código en Gams	24
Figura 3.6 Pasos para obtener la información en gams.....	25
Figura 3.7 Pasos para realizar la planificación en la interfaz.....	25
Figura 3.8 Visualización del Dashboard en Excel	26
Figura 3.9 Paso para obtener la información de la simulación	27
Figura 3.10 Imagen de clientes en caja.	27
Figura 3.11 Pasos para determinar las métricas	27
Figura 3.12 Graficas de pruebas en Minitab.....	28
Figura 3.13 Resultados de la prueba en Minitab.....	28
Figura 3.14 Selección del modelo de Cola	29
Figura 3.15 Información ingresada para la simulación.....	29
Figura 3.16 Captura de la simulación en FlexSim.....	30
Figura 3.17 Gantt de utilización Situación Actual	30
Figura 3.18 Gantt de utilización Situación Propuesta	31

Figura 3.19 Utilización Total Situación Propuesta 31

Figura 3.20 Utilización Total Situación Actual 32

Figura 3.21 Tiempo promedio en cola y tiempo promedio del sistema por cada caja. ... 32

Figura 3.22 Tiempo promedio en cola y tiempo promedio del sistema por cada caja. ... 33

Figura 3.23 Comparación de ventas perdidas antes y después de la implementación. 36

Figura 3.24 Personal operativo programado en la situación Actual 37

Figura 3.25 Personal operativo programado en la situación Propuesta..... 37

Figura 3.26 Comparación de pago de Nomina..... 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Información recolectada.....	13
Tabla 2.2: Muestreo de datos.....	14
Tabla 2.3: No. De Horas trabajadas del personal operativo	16
Tabla 2.4 Costos de mano de obra.....	17
Tabla 2.5 Costos del Equipo informático	17
Tabla 2.6 Opciones de modelo de equipos	17
Tabla 3.1 Número de cajeros diarios por franja horaria en horas pico.....	33
Tabla 3.2 Número de cajeros diarios por franja horaria en horas estables.....	34
Tabla 3.3 Resumen de métricas de simulación.....	34
Tabla 3.4 Estudio de ventas perdidas antes de la implementación.....	35
Tabla 3.5 Estudio de ventas perdidas después de la implementación.....	35

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se realizará para una cadena de supermercados con 56 años en el mercado ecuatoriano, cuenta con 450 puntos de venta (POS, por sus siglas en inglés) a nivel nacional, empleando a más de siete mil trabajadores. Entre los productos que ofrece se encuentran productos de consumo diario, del hogar y de cuidado personal.

El personal de los POS está formado por el jefe del local, el coordinador, asistentes, empleados a tiempo completo y a tiempo parcial que trabajan en turnos rotativos y mantienen el mismo horario durante la semana laboral, actualmente, hay dos tipos de turnos (mañana y tarde) para los empleados a tiempo completo de los POS, el jefe de local tiene que asignar los turnos manualmente y enviarlos al área de RRHH una vez por semana.

1.1 Descripción del problema

La planificación actual del personal operativo de una cadena de supermercado excede en un 20% el máximo esperado del indicador de horas hombre trabajadas lo que representa en promedio 1585,4 en promedio horas semanales causando saturación y agotamiento por largas jornadas de trabajo produciendo un bajo nivel de servicio.

1.2 Justificación del problema

Las afectaciones que genera esta problemática actual se las puede evidenciar en los elevados costos de nómina y en las ventas perdidas por colas excesivas lo que en costos representa a la empresa un valor de \$49.418,55 anualmente por lo que la empresa desea reducir los costos en ventas pérdidas en al menos el 10%.

Mediante una planificación óptima del personal elevando el nivel de servicio creando una relación estrecha de fidelización con el cliente y a su vez reduciendo costos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de planificación de turnos para el personal operativo del supermercado con el fin de equilibrar la carga de trabajo, reducir las horas extras y aumentar el nivel de servicio al cliente.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Definir los tiempos óptimos para cada actividad crítica.
2. Reducir los errores operativos de recaudación y facturación.
3. Identificar las limitaciones económicas, sociales y legales del modelo.
4. Diseñar un modelo de planificación de turnos rotativos.
5. Reducir el número de horas extraordinarias.
6. Validar el modelo para el sistema TPP (Trabajo por tareas).

1.4 Marco teórico

A continuación, se explican los términos, herramientas y métodos más importantes en el desarrollo del proyecto:

- **Diseño desde cero:** Serie de etapas que permiten generar o rediseñar servicios, procesos e incluso productos mediante diversas técnicas metodológicas que inspiran la innovación y satisfacen los requisitos del cliente. (Gómez & Medina, 2012)

1.4.1 Etapa de Definición

En esta sección se recolectan las ideas de los clientes o las partes interesadas y se traducen en necesidades y requisitos. Estos requisitos se utilizan para definir las especificaciones críticas del diseño, los objetivos del proyecto y las restricciones que limitan la solución final. Por último, se definen el alcance, las opciones de diseño y el plan de desarrollo. Las herramientas utilizadas en esta sección se describen a continuación:

- **Voz del cliente (VOC):** Es una representación que permite agrupar las ideas de los clientes y traducirlas en necesidades o requisitos según los servicios o materiales deseados. (C., Aguwa, Monplaisir, & Turgut, 2012)

- **Despliegue de la función de calidad (QFD):** herramienta que ayuda a identificar los requisitos de los clientes antes del diseño, lo que permite superar sus expectativas en todos los niveles operativos de la empresa. (Menon & V, 2021)
- **5W+1H como herramienta de gestión:** Apoyo en el planteamiento de problemas respondiendo a seis preguntas: ¿Qué, ¿cuándo, ¿dónde, ¿cómo, ¿quién y por qué? (Jia, Cai, Tak Yu, & Tse, 2016)

1.4.2 Etapa de Recolección de Datos

Esta sección se utiliza para recoger todos los datos métricos o la información para el desarrollo de las siguientes secciones del proyecto de diseño que siguen un plan de recolección de datos:

- **Plan de recolección de datos:** Plan sistemático que permite la recolección de datos o información métrica a través de un conjunto de parámetros, como la descripción de la operación, cómo se recogerá, cuándo se recogerá, etc. (Cattaneo, y otros, 2018)

1.4.3 Etapa de Análisis

En esta sección se analizan diferentes opciones de diseño mediante herramientas técnicas, modelos matemáticos y se tienen en cuenta los requerimientos y restricciones del cliente para una selección adecuada:

- **Lluvia de ideas:** se trata de una herramienta que permite a los miembros del equipo aportar posibles ideas o soluciones creativas a un asunto o problema concreto. (Keeley, 2021)
- **Matriz Pugh:** Un método para tomar decisiones y determinar un curso de acción cuando hay que priorizar varios criterios para llegar a un consenso y tomar una decisión. (Cervone, 2009)
- **Programación entera:** En un modelo de programación lineal, si las variables de decisión toman sólo valores enteros, se llama modelo de programación entera, y en el caso de que no todas las variables tomen valores enteros, se llama modelo de programación mixta. Los modelos de programación se utilizan generalmente para representar variables de

decisión binarias, por ejemplo, decisiones de "sí o no", mediante la representación de 0 y 1. (Hillier & Lieberman, 2010)

- **Modelos de optimización:** se utilizan para representar cuantitativamente y resolver problemas del mundo real. Se representa mediante un sistema de ecuaciones matemáticas interrelacionadas que especifican las n decisiones cuantificables, denominadas variables de decisión. El comportamiento de las variables de decisión se mide mediante una función matemática denominada función objetivo. Para restringir las propiedades de las variables de decisión, se utilizan funciones denominadas restricciones. Del mismo modo, las constantes que acompañan a las restricciones y a la función objetivo son características de cada problema y están determinadas por las observaciones o los datos; se denominan parámetros. (Rardin, 1998)
- **Modelo generalizado de asignación:** Este modelo permite definir dos tipos de restricciones que garantizan que todos los trabajadores puedan ser asignados a un turno y que los diferentes turnos puedan ser cubiertos por trabajadores auxiliares.

Las restricciones y los parámetros utilizados en este tipo de modelo son de la forma:

$$\sum_j X_{i,j} = 1 \quad \text{para todo } i \quad (1.1)$$

$$\sum_j S_{i,j} X_{i,j} \leq b_j \quad \text{para todo } j \quad (1.2)$$

$$X_{i,j} = 0 \text{ o } 1 \quad \text{para todo } i, j \quad (1.3)$$

- **Modelo de asignación de turnos:** Estos modelos están diseñados para garantizar que ésta pueda satisfacer la demanda total de los diferentes turnos. Las variables de decisión del modelo suelen considerar el número de trabajadores necesarios por turno. La función objetivo suele estar asociada a la minimización de los costes derivados de la contratación de trabajadores y la asignación de turnos. El objetivo de estas restricciones es garantizar que los turnos asignados tengan suficientes trabajadores para satisfacer las necesidades operativas. (Rardin, 1998)

$$\sum_{\text{turnos}} (\text{Factura por trabajador}) (\text{Número de la tarea}) \geq \text{Requerimiento del período}$$

1.4.4 Etapa de Diseño

En esta sección consiste en diseñar el modelo a partir de los requisitos técnicos definidos y los aspectos económicos del cliente. Además, se crea un plan de creación de prototipos para desarrollar el modelo validado y analizar su viabilidad:

1.4.5 Etapa de Prototipado

En esta sección consiste implementa los resultados obtenidos en la etapa de diseño, considerando las restricciones legales, económicas y sociales planteadas en las primeras etapas del proyecto.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

En esta fase del proyecto se evalúan las diferentes alternativas de diseño, los métodos de resolución y la interfaz que se utilizará para el proyecto mediante herramientas técnicas, por lo que, como primer paso, es importante obtener información sobre las necesidades del cliente, definiendo un alcance, para posteriormente definir las variables de entrada necesarias, los parámetros y las restricciones generales del modelo a diseñar.

2.1.1 La voz del Cliente

Para el desarrollo de esta herramienta, se realizaron entrevistas con las partes interesadas, como los representantes del departamento de mejora continua, el departamento de recursos humanos, Data Scientist, y el personal de operaciones, como la jefa del local, el coordinador de la tienda y los responsables de cada pilar (mercancía, recepción, caja y servicio al cliente). La figura 2.1 y 2.2 detalla esta información.

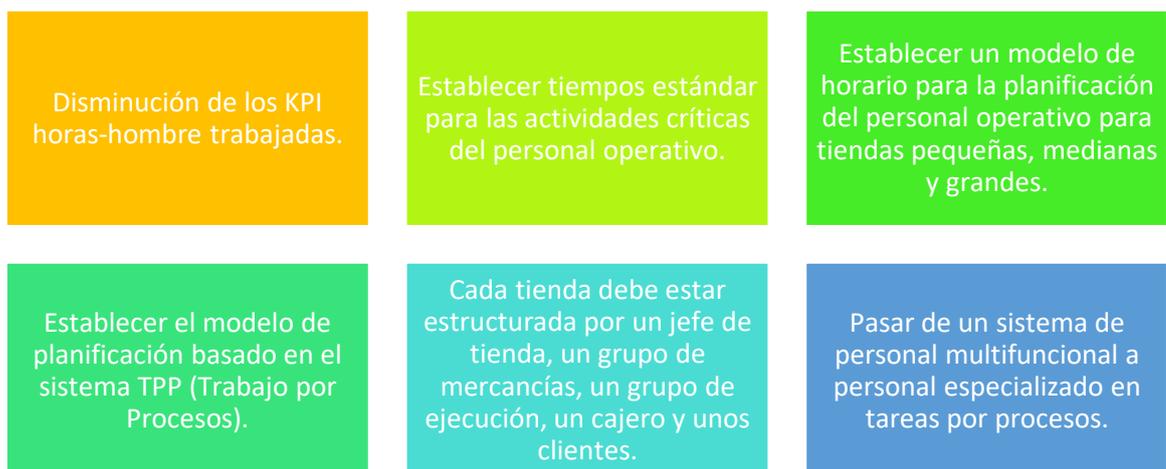


Figura 2.1 Lluvia de Ideas con Departamento de Mejora continua

[Fuente: Elaboración Propia]

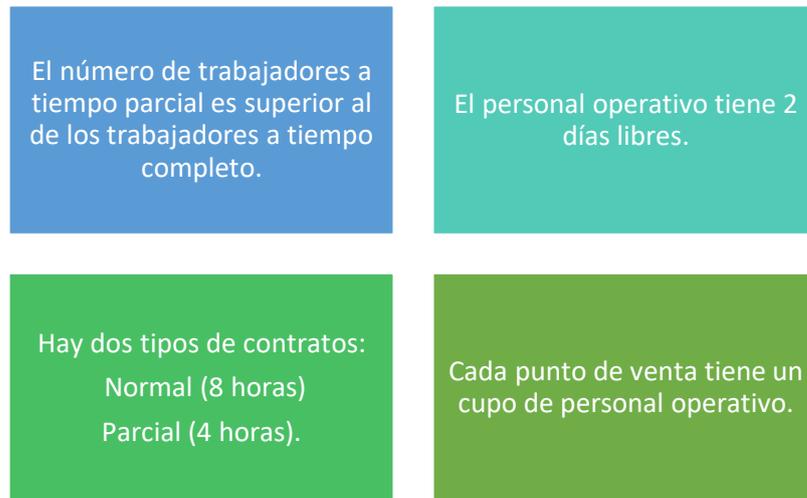


Figura 2.2 Lluvia de Ideas con Departamento de RRHH y Data Scientist
[Fuente: Elaboración Propia]

2.1.2 Alcance

Se realizó un listado de las actividades que realizaba la parte operativa de cada pilar y se planteó cubrir el 10% de las actividades críticas para establecer los tiempos estándares en cada pilar teniendo como resultado lo que se muestra en la figura 2.3



Figura 2.3 Actividades Críticas a analizar por pilar TPP
[Fuente: Elaboración Propia]

2.1.3 Herramienta para la Calidad

El uso de la casa de calidad (QFD) se llevó a cabo para calificar y seleccionar las especificaciones de diseño más críticas que cumplen los requisitos de los clientes internos. La figura 2.4 muestra el QFD y qué requisitos técnicos destacan y son más importantes para el cliente.

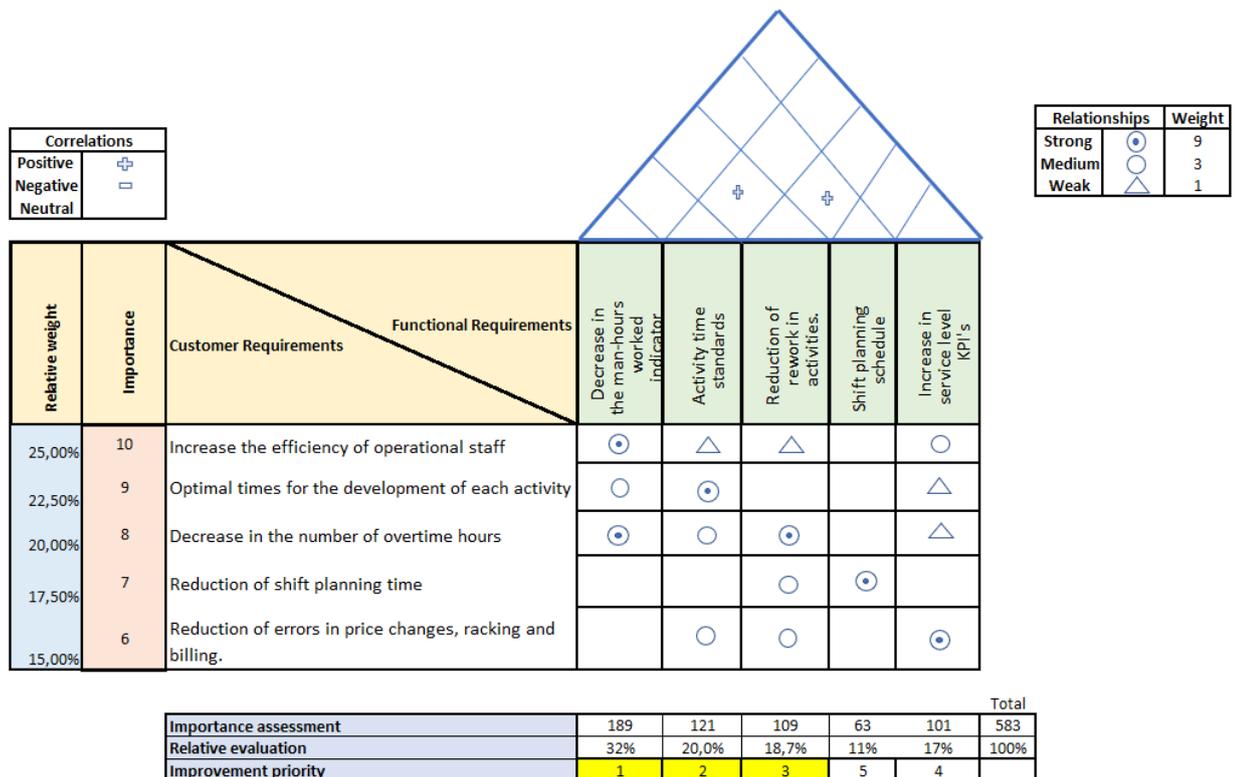


Figura 2.4 Quality Function Deployment

[Fuente: Elaboración Propia]

Los resultados mostrados en la figura 2.4 son las principales especificaciones del diseño:

- Disminución del indicador horas hombre trabajadas.
- Estándares de tiempos de las actividades críticas.
- Planificación óptima de actividades diarias en cada turno.

2.1.4 Establecimiento de Oportunidad

Para presentar el objetivo de diseño de forma más estructurada y organizada, se utilizó la herramienta "Cinco porqués y un cómo" (5W+1H), como se muestra en la figura 2.5.

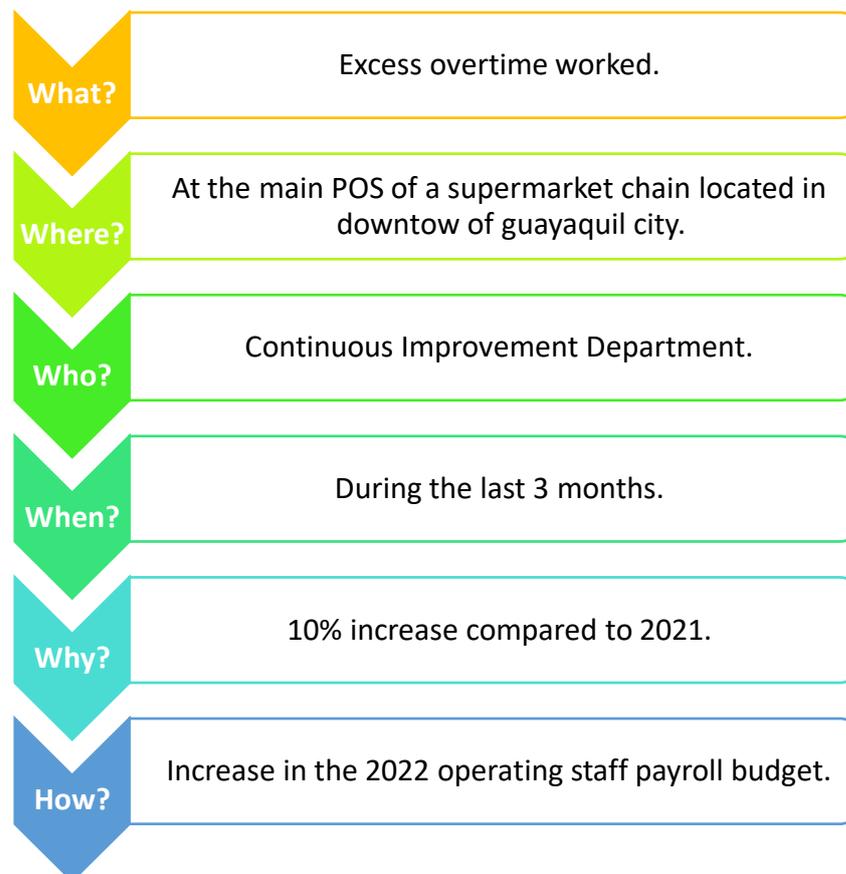


Figura 2.5 Herramienta 5W+1H.

[Fuente: Elaboración Propia]

La opción de diseño se estructuró utilizando la herramienta mencionada anteriormente y se redactó como se muestra a continuación:

“El bajo rendimiento en las actividades diarias ha generado un exceso de horas extras y rotación de personal en el principal punto de venta de una cadena de supermercados ubicada en el centro de la ciudad de guayaquil, detectado por el departamento de mejora continua durante los últimos 3 meses, con un incremento del 10% en el pago del personal operativo con respecto al 2021”.

2.1.5 Restricciones Legales

Este proyecto tiene en cuenta tanto las restricciones laborales como las legales establecidas en las propias leyes y reglamentos de la empresa. Este acondicionamiento permite trasladar el modelo a los demás puntos de venta de la cadena de supermercados.

Las restricciones legales son las disposiciones del derecho laboral establecidas en las distintas leyes y reglamentos de los organismos gubernamentales, como el Código Laboral:

- Un máximo de 6 días laborables consecutivos.
- Un máximo de 160 horas de trabajo al mes en horario normal.
- Un máximo de 4, 12 y 40 horas extras diarias, semanales y mensuales respectivamente.

2.2 Recolección de Datos

2.2.1 Plan de Recolección de Datos

En la figura 2.6 se muestra el plan de recolección de datos, que incluye información respecto al tipo de datos necesarios para las distintas fases del proyecto, cómo se han recolectado, por qué son necesarios, su uso futuro, cómo validarlos y el estado del proceso de recolección.

Data		Operational definitions and procedures						
Var	What	Type	How measured?	Sampling notes	How?	Where recorded?	Why to collect?	
X1	SERVICE TIME	Continuous	Daily record of the time the customer leaves the queue and is served at the POV until he receives his bill to establish standard time.	Total service time/ total number of clients	Timing study by instantaneous observation Pilot test N=10 Sample size N=114 Error= 8%.	The information will be obtained through visiting the supermarket.	It is necessary to establish standard times	
X2	CHANGE PRICE TIME	Continuous	Daily recording of price changes on hangers to establish standard times	Total time per price change	Timing study by instantaneous observation Pilot test N=10 Sample size N= 70 Error= 8%.			
X3	TIME TO HANG PRODUCTS	Continuous	Daily recording of price changes on hangers to establish standard times	Total time for each perched product	Timing study by instantaneous observation Pilot test N=10 Sample size N=130 Error= 8%.			
X4	QUEUE TIME	Continuous	Daily record of the time the customer arrives at the queue and waits to be served at the POV.	Total time client wait in queue / total number of clients	Timing study by instantaneous observation Pilot test N=10 Sample size N=130 Error= 8%.			
X5	TIME BETWEEN ARRIVALS	Continuous	Daily recording of the arrival of a customer in the queue to establish the lambda of the poisson distribution.	Total between arrivals total number of clients	Timing study by instantaneous observation Pilot test N=10 Sample size N=46 Error= 8%.			
X6	NUMBER OF PEOPLE PER WORKING GROUP	Discret	Daily record of personnel distributed according to work groups	Planning assigned by site manager	Information provided by the process analyst	By E-mail	It allows to identify how the number of employees is distributed in the different groups to facilitate the assignment of shifts	
X7	NUMBER OF TRANSACTIONS PER DAY	Discret	Daily recording of the number of transactions at the POV	Information was obtained for the last 6 months.	Information provided by the process analyst			
X8	NUMBER OF MONTHLY OVERTIME HOURS	Continuous	Daily overtime log of operating personnel	Information was obtained for the last 3 months.	The information was collected through the biometric marking of the last 3 months.			
X9	COST OF NIGHTLY OVERTIME FOR OPERATING STAFF	Continuous	Recording of wages per shift worked	Value assigned by the company	Information provided by RRRHH			
		Continuous	Salaries established for operative personnel and manager		Information provided by RRRHH			
X10	SALARIES BY TYPE OF POSITION	Continuous	Recording of monthly man-hours worked indicator	Information was obtained for the last 3 months.	The information was collected through the biometric tags.			It allows us to measure how far the existing overtime cost is from the company-allocated overtime cost and thus verify the impact on the model.
X11	NUMBER OF HOURS WORKED IN THE MONTH PER EMPLOYEE	Continuous	Recording of monthly man-hours worked indicator	Information was obtained for the last 3 months.	The information was collected through the biometric tags.			It allows to know the cost of employing a partial worker and a normal worker in order to reduce costs in the assignment of shifts.
								Allows to validate the information of the man-hours worked indicator.

Figura 2.6 Plan de Recolección de Datos
[Fuente: Elaboración Propia]

2.3 Análisis Financiero

Para realizar el respectivo análisis se realizó un estudio de pérdida de ventas por bajo nivel servicio en donde se encontraron actividades críticas como se muestra en la figura 2.7.



Figura 2.7 Errores comunes en Actividades Críticas
[Fuente: Elaboración Propia]

- **Precios erróneos**

Actividad en la cual el encargado de actualizar los nuevos precios comete errores y no lo realiza de manera correcta, desconcertando al cliente cuando va a pagar al cliente.

- **Filas excesivas**

Situación en la cual el supermercado se ve comprometido debido a que no se tiene identificado el número cajeros óptimos para cada franja horaria, ni estandarizado el número máximo de clientes en cola.

- **Desabastecimiento en perchas**

Esta situación se da debido a que no se tiene una correcta asignación del personal ni una reposición periodo o de nivel perjudicando al cliente.

Se desarrolló este estudio en un período de tiempo con demanda alta de clientes como lo es del 13 de Julio al 24 de Julio ya que el supermercado queda ubicado en su sector céntrico de la ciudad visitado principalmente por asalariados en función de dependencia y por personas de la tercera edad, en este período cobran su sueldo quincenal y su pensión de la jubilación respectivamente, por lo que es un período idóneo para la realización del estudio.

A continuación, se detalla la información que se recolecto en este periodo por franja horaria:

Tabla 2.1: Información recolectada

Dia	Número de clientes perdidos	Precios erróneos	Larga fila en cada punto de venta	Perchas desabastecidas
11-jul	9	4	3	2
12-jul	10	3	5	2
13-jul	8	3	3	2
14-jul	11	8	1	2
15-jul	6	3	2	1
16-jul	8	3	1	3
17-jul	10	6	2	2
Total	61	30	17	14

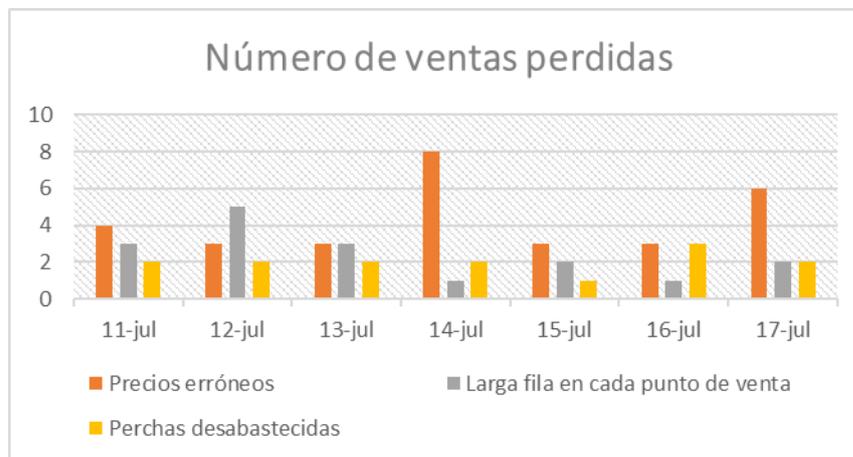


Figura 2.8 Número de Ventas Perdidas por día.

[Fuente: Elaboración Propia]

2.3.1 Ingresos

Posterior al estudio y luego de tener los tiempos estándares ya recolectados previamente en la etapa de “Data collection” se realizó una prueba piloto junto a la jefa del local, planificando al personal según el tiempo estándar de cada actividad crítica. Los resultados se detallan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Muestreo de datos

Dia	Número de clientes perdidos	Precios erróneos	Larga fila en cada punto de venta	Perchas desabastecidas
18-jul	6	3	1	2
19-jul	5	2	2	1
20-jul	7	4	2	1
21-jul	2	2	0	0
22-jul	4	1	1	2
23-jul	9	5	2	2
24-jul	8	4	3	1
Total	40	21	11	9

Ticket promedio = \$8,83

Semana del 11 de julio al 17 de julio

Costo de Ventas Perdidas = No de clientes perdidos * ticket promedio

$$\text{Costo de Ventas Perdidas} = 61 \frac{\text{clientes perdidos}}{\text{semana}} \times \$8,83 = \$540,60$$

$$\text{Costo de Ventas Perdidas Anual} = \$540,60 \times 52 \text{ semanas} = \$28.111,20$$

Semana del 18 de julio al 23 de julio

Costo de Ventas Perdidas = No. de clientes perdidos * ticket promedio

$$\text{Costo de Ventas Perdidas} = 40 \frac{\text{clientes perdidos}}{\text{semana}} \times \$8,83 = \$353,52$$

$$\text{Costo de Ventas Perdidas Anual} = \$353,52 \times 52 \text{ semanas} = \$18.383,04$$

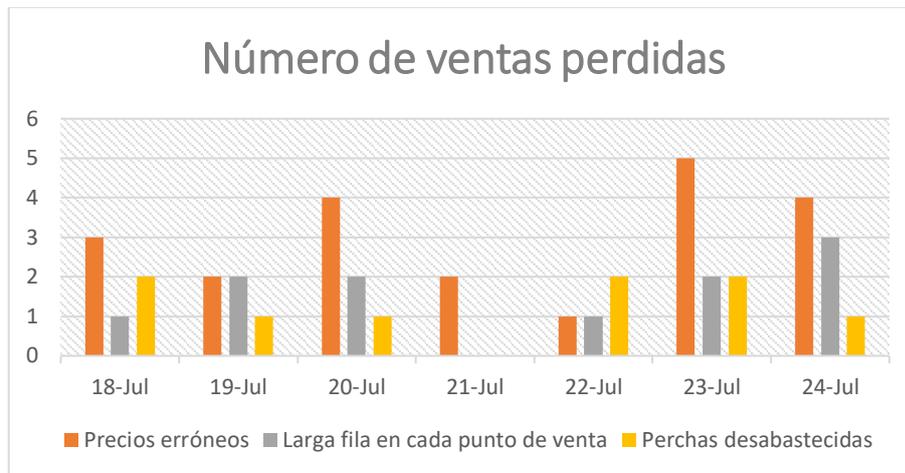


Figura 2.9 Número de ventas perdida por motivos.

[Fuente: Elaboración Propia]

Finalmente se puede notar la disminución de una semana a otra gracias al uso de los tiempos estándares, el beneficio del ahorro se lo detalla a continuación:

A nivel retail se maneja un ticket promedio el cual es un indicador de ventas, el cual es determinado por cada empresa según sus necesidades.

$$\text{Ticket promedio} = \frac{\text{Suma del pago de todas las transacciones}}{\text{Numero de transacciones realizadas}}$$

La empresa nos facilitó la cifra que se maneja actualmente la cual es \$8,83.

Posterior al levantamiento de estos datos, se procedió a calcular la recuperación de ventas perdidas gracias a la prueba piloto de tiempos estándares.

Finalmente se tiene como resultado un ahorro de **\$8.994,52**

Posterior a esto se realizó un análisis de las horas extras a fin de minimizar el número de horas extras y del personal con el objetivo de reducir costos de mano de obra.

La información fue proporcionada por la compañía por medio del sistema de marcaciones esta fue tratada en Excel mediante tablas dinámicas, finalmente se obtuvo la información de los últimos 3 meses.

Tabla 2.3: No. De Horas trabajadas del personal operativo

<i>Mes</i>	Número de horas del personal operativo	Costo por hora
<i>Marzo</i>	900	\$2,27
<i>Abril</i>	890	\$2,27
<i>Mayo</i>	919	\$2,27
<i>Promedio</i>	903	\$2,27
<i>Costo promedio</i>		\$2050,56

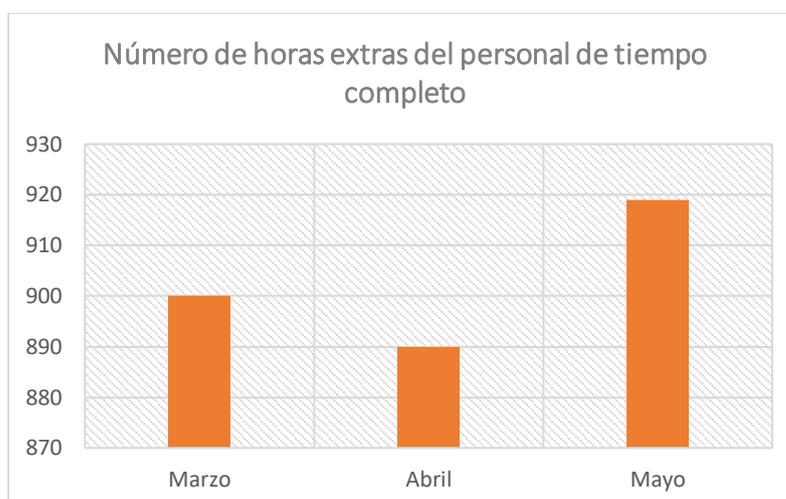


Figura 2.10 Número de horas extras del personal tiempo completo

Se presume reducir hasta en un 20% las horas extras con respecto al 2021, teniendo un ahorro que se detalla en figura 2.11

Ahorro	Total
Sueldo anual de empleo tiempo completo	\$6.093,00
Reduccion del 20% anual en horas extras	\$6.328,00
	\$12.421,00

Figura 2.11 Ahorro proyectado

2.3.2 Egresos

Los egresos que se consideraron son: mano de obra, licencia de software y equipo informático.

- **Mano de Obra**

Tabla 2.4 Costos de mano de obra.

Cargo	Sueldo	Costo de hora de trabajo	Costo de media hora de trabajo	Mensual	Anual
Jefa del supermercado	\$1500	\$6,25	\$3,12	\$12,5	\$150

Se considera que la jefa que es la encargada de realizar la planificación semanalmente al personal en la que le tomaría aproximadamente 30 minutos.

- **Equipo Informático**

Se considera mantenimiento y renovación para el equipo informático que se utilizara como herramienta para la planificación:

Tabla 2.5 Costos del Equipo informático

MANTENIMIENTO	COSTO APROXIMADO
Reparación	\$40
Antivirus	\$60

Tabla 2.6 Opciones de modelo de equipos

ITEM	MODELO PROPUESTO
 <p>Sponsored @ Lenovo Ideapad Si Pro 16 inch i5-11300H(Beats i7-10710U), ★★★★★ ~5 \$628²⁴ Ships to Ecuador</p>	ICORE-7 LENOVO 12 GB RAM
 <p>Sponsored @ 2022 HP 17.3" FHD IPS Laptop, 11th Gen 4-Core Intel Core i Graphics, 16GB 3200MHz DDR4 RAM, 512GB SSD, Windows ★★★★★ ~11 \$644¹⁹ Ships to Ecuador</p>	ICORE-7 HP 12 GB RAM

- Licencia del Software: OFFICE EMPRESARIAL \$100 anual por usuario



Figura 2.12 Portada del software

Finalmente se tiene el análisis financiero en donde se detalla los indicadores VAN y TIR (Tasa Interna de Retorno) los cuales nos muestran que es el proyecto es rentable y viable.

Para lo cual se consideró inicialmente una inversión de \$1280 en donde se cuenta con la capacitación del personal, licencia del software y el desarrollo el modelo.

Valor actual neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0 = \$81.738,87$$

- Inversión inicial (I_0)= \$1280
- Tiempo(t)=5 años
- Saldo efectivo(F)= (Ingresos – Egresos) $t=0:5$
- Tasa de descuento=10%

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 22\%$$

- Inversión inicial (I_0)= \$1280
- Tiempo(t)=5 años
- Saldo efectivo(F)= (Ingresos – Egresos) $t=0:5$

A continuación, se detalla los cálculos realizados en Excel

VAN	\$81.738,87
TIR	22%

INVERSION INICIAL	
Capacitacion del personal	\$180
Licencia del Software	\$100
Desarrollo del modelo	\$1.000
	\$1.280

INGRESO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Recuperacion de ventas perdidas		\$8.994,00	\$9.128,91	\$9.265,84	\$9.404,83	\$9.545,90
Ahorro de costos de mano de obra		\$12.786,00	\$14.064,60	\$15.471,06	\$17.018,17	\$18.719,98
total		\$21.780,00	\$23.193,51	\$24.736,90	\$26.423,00	\$28.265,89

EGRESO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Equipo informatico		\$ 150,00	\$ 151,10	\$ 805,84	\$ 100,73	\$ 101,47
Licencia de software		\$ 100,00	\$ 100,73	\$ 101,47	\$ 102,21	\$ 102,95
Mano de obra		\$ 150,00	\$ 151,10	\$ 152,20	\$ 153,31	\$ 154,43
total		\$ 400,00	\$ 402,92	\$ 1.059,50	\$ 356,25	\$ 358,85

SALDO EFECTIVO	\$-1.280	\$ 21.380,00	\$ 22.790,59	\$ 23.677,40	\$ 26.066,75	\$ 27.907,04
-----------------------	-----------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Figura 2.13 Análisis Financiero

Al obtener un Van de \$81.738,87 se puede validar que el proyecto es altamente rentable y con un TIR de 22% es viable.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se estableció un modelo inicial que representa turnos asignados de 8 horas.

Los puntos de venta abren los 7 días de la semana desde las 7:30 y trabajan en actividades como cambio de precio y saneamiento, abren su atención al público a partir de las 9am hasta las 8pm, donde una parte del equipo se queda fuera de la franja horaria.

3.1 Selección del modelo matemático

Como premisa de que la demanda no es estacionaria, se concluyó que la mejor opción es plantear un modelo matemático de programación lineal que satisfaga la demanda y las restricciones de la problemática, por lo que se evaluaron diferentes opciones con parámetros para seleccionar el modelo de programación lineal que satisfaga cada una de ellas, para lo que se elaboró una matriz que se detalla a continuación.

IP MODEL	PARAMETER AND CONSTRAINTS							
	POS service time	Working hours	Planned shifts	Capacity of cashiers	Consecutive working days	Quota of employees per supermarket	Mandatory rest days	Total check
Fixed- Charge	X	X	X	X	X	X	X	0
Lumpy	X	✓	X	X	X	X	X	1
Budgeting	X	X	✓	X	X	X	X	1
Partitioning	X	X	X	X	X	X	X	0
Packing	X	X	X	X	X	X	X	0
Covering	X	X	X	X	X	X	X	0
Assignment	X	X	✓	X	X	X	X	1
Matching	X	X	X	X	X	X	X	0
Quadratic	X	✓	✓	✓	X	✓	X	4
Generalized	X	X	✓	✓	X	X	✓	3
Facility location	X	X	X	X	X	X	X	0
Shift scheduling	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7

Figura 3.1 Matriz de comparación de opciones de modelos

Posterior a esto se evaluaron las opciones seleccionadas según su uso y su aplicación.

Alternativa	Modelo de P.E	Propuesta	Alcance
1	CUADRATICO	Optimizar el problema minimizando o maximizando una función cuadrática de varias variables según los requisitos lineales de estas variables.	Problemas especiales no lineales con un sistema de ecuaciones en variables no negativas
2	GENERAL	Permite definir dos tipos de restricciones que aseguran que todos los trabajadores puedan ser asignados a un turno y que diferentes turnos puedan ser cubiertos por trabajadores auxiliares.	Cubren casos donde la asignación donde se requiere un tamaño o espacio fijo, dentro de la capacidad.
3	ASIGNACIÓN DE PROGRAMACIÓN DE TURNOS	Los modelos de planificación de operaciones deciden qué trabajo realizar para que los recursos disponibles se utilicen de manera eficiente. En los modelos de programación de turnos o planificación de personal, los trabajadores ya están arreglados.	El objetivo minimiza el personal total y las restricciones imponen la cobertura especificada en todos los días laborables..

Figura 3.2 Análisis de las mejores alternativas

Luego de analizar los modelos de programación entera se determinó que ninguno satisfacía con el requerimiento del cliente de mejorar el nivel de servicio, por lo que se seleccionó una cuarta alternativa.

Teoría de colas

Esta solución nos puede ayudar con mejorar el nivel de servicio al tomar como aristas de su modelo el tiempo en cola, tiempo entre arribos, tiempo de servicio, etc.

Para las cuales se analizaron sus ventajas y desventajas.

Ventajas

- Identifica el comportamiento de la demanda
- Impacto de la demanda en el nivel de servicio
- Nos ayuda a entender el comportamiento de los centros de atención al cliente

Desventajas

- No determina las soluciones óptimas.

- Necesita algunas iteraciones para devolver una solución viable.

Posterior a esto se utilizó una matriz de decisión para evaluar las opciones en base a los requerimientos y restricciones ya establecidas.

Weight (level of importance)		Relation between the model and criteria					
1 Lowest- 5 Highest		Negative	None	Positive			
		-1	0	1			

Criteria	Weight	Integer programming model					
		Existing planning	A	B	C	D	E
			Quadratic	Generalized	Shiftscheduling	Queue Theory	Shift scheduling + Queue Theory
Pos service time	5	0	-1	-1	1	1	1
Work man hours	4	0	1	0	1	1	1
Assgined shifts	3	0	1	1	1	-1	1
Consecutive working days	1	1	0	-1	1	-1	1
Mandatory rest days	2	1	-1	0	1	-1	1
Average number of transactions	5	0	1	1	1	1	1
Flexibility	5	0	0	1	1	1	1
Depending on inventories and unloading of thetruck	5	1	-1	0	1	-1	1
Maximun expected in queue time	3	0	-1	-1	-1	1	1
Cheap	3	1	1	1	1	1	1
Number of part-time and full-time employees	3	1	0	1	1	0	1
Ease of implementation	4	0	-1	-1	-1	-1	-1
Quota of employees per supermarket	5	1	1	1	1	0	1
TOTAL		19	1	11	34	10	40

Figura 3.3 Selección del modelo por Matriz Pugh

En donde finalmente se seleccionó una combinación de modelos del shift Scheduling y la teoría de colas, este modelo nos garantiza un numero óptimo de personal contemplando el nivel del servicio al cliente.

3.2 Formulación del modelo matemático seleccionado

Índices

p: Períodos por día {1, 2, ..., 14}

d: Días del horizonte de planificación {1, 2, ..., 7}

j: Turnos full-time posibles {j1, j2, j3, ..., j9}

k: personal de full-time que se asignarán {k1, k2, k3, ..., k13}

Parámetros

$Q_{(p,d)}$: Requerimiento de empleados en el período p el día d.

$$x_{(p,j)}: \begin{cases} 1 & \text{Si el período p esta dentro del turno j} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$$

$d_{\min(k)}$: Número mínimo de horas laborales para el personal k.

$d_{\max(k)}$: Número máximo de horas laborales para el personal k .

MA: Máximo número de días laborables consecutivos.

C_t : Costo asociado al turno de trabajo diario por cada personal.

C_{ad_t} : Costo adicional por horas extras de turnos full time.

Variables de decisión

$S_{(k,j,d)}$: $\begin{cases} 1 & \text{Si el personal } k \text{ es asignado al turno } j \text{ el día } d \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$

$V_{(k,d)}$: $\begin{cases} 1 & \text{Si el personal } k \text{ es asignado a un turno el día } d \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$

$O_{(k)}$: $\begin{cases} 1 & \text{Si el personal } k \text{ es asignado a un sexto día} \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$

Función Objetivo

$$\text{Min}(z) = \sum_k \sum_j \sum_d C(t) * S(k, j, d) + \sum_k C_{ad}(t) * O(k) \quad (3.1)$$

Sujeto a:

Máximo de un turno por día para cada trabajador:

$$\sum_j S_{(k,j,d)} = V_{(k,d)}; \forall k; \forall d \quad (3.2)$$

Requerimiento de la demanda diaria y por cada hora del día:

$$\sum_k \sum_j x_{(p,j)} * S \geq Q_{(p,d)}; \forall k, m; \forall d \quad (3.4)$$

Máximos de días laborables consecutivos para cada empleado:

$$\sum_{\bar{d}=d}^{d+M} V_{(k,\bar{d})} \leq M; \forall k; \forall d \leq D - M \quad (3.5)$$

Mínimas horas laborables por semana para cada empleado:

$$\sum_d V_{(k,d)} = d_{\min(k)} + O_k; \forall ek \quad (3.7)$$

Máximas horas laborables por semana para cada empleado:

$$\sum_d V_{(k,d)} \leq d_{\max(k)}; \forall k \quad (3.8)$$

No negatividad:

$$V_{(k,d)}; W_{(m,d)}; P_{(k,j,d)}; O_{(k)} \in \{1, 0\}; \forall i, j, d \quad (3.7)$$

Este modelo fue programado en un software de optimización GAMS para obtener la solución posterior a esto los resultados se adaptaron a un software que tenga una interfaz más amigable a fin de tener un Dashboard, por lo que seleccionó Microsoft Excel.

Se detalla a continuación el proceso que se realizó para la programación en GAMS.

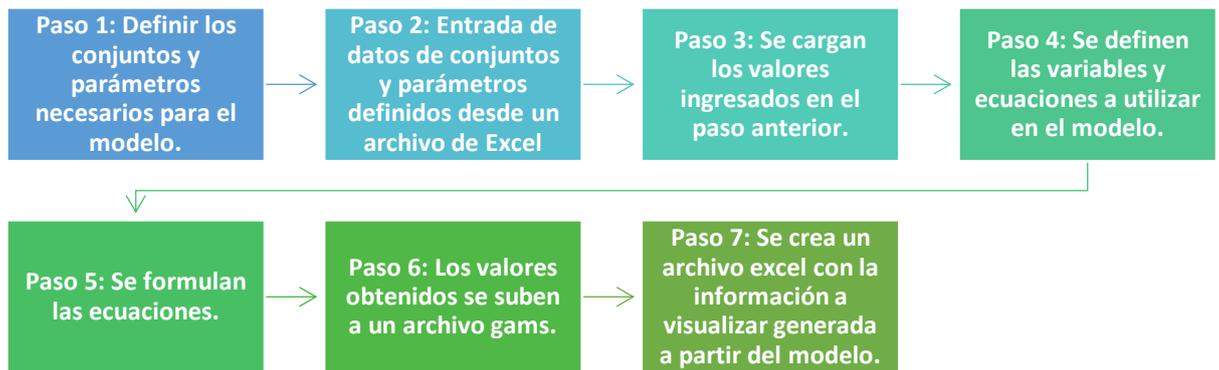


Figura 3.4 Paso para resolver el modelo en Gams

```

1 *Step 1: Define the sets and parameters needed for the model.
2 Sets
3 p Periods
4 d Days
5 j Shifts
6 k Staff
7 d_in subset of days /1,2/;
8
9 Parameters
10 MA Maximum consecutive working days
11 C_t Cost associated to shift worked daily per staff
12 C_ad Additional cost for shift overtime
13 Q(p,d) Staff requirement in period p on day d
14 x(p,j) Binary-1 if time period p is within shift j = 0 otherwise
15 Staff(k,w) Maximum and minimum working day for staff k
16
17 *Step 2: Data entry of defined sets and parameters from an excel file
18 $ONECHEG > tasks.txt
19 dssetp rng=DEMANDA1D3 rdim=1
20 dssetd rng=DEMANDA1E2 cdim=1
21 dssetj rng=MATRIZ1E3 cdim=1
22 dssetk rng=STAFF1B4 rdim=1
23
24 par=MA rng=CONSECUTIVOS1B3 rdim=0
25 par=C_t rng=COSTOS1B3 rdim=0
26 par=C_ad rng=COSTOS1C3 rdim=0
27 par=Q rng=DEMANDA1D2 rdim=1 cdim=1
28 par=x rng=MATRIZ1D3 rdim=1 cdim=1
29 par=Staff rng=STAFF1B3 rdim=1 cdim=1
30
31 *Step 3: The values entered in the previous step are loaded.
32 $OFFECHEG
33 $CALL gdxrw modelo_mi.xlsx trace=3 @tasks.txt
34 $GDXIN modelo_mi.gdx
35 $LOAD p d j k
36 $LOAD Q x Staff MA C_t C_ad
37
38
39
40
41 *Step 4: The variables and equations to be used in the model are defined.
42
43 VARIABLES
44 Z Objective Function
45 S(k,j,d) Binary = 1 If staff k is assigned to shift j on day d
46 V(k,d) Binary = 1 If staff k is assigned to work on the day d
47 O(k) Binary = 1 If staff k is assigned to sixth day
48 BINARY VARIABLES S, V, O;
49
50 EQUATIONS
51 obj Objective Function
52 R1(k,d) One shift per day.
53 R2(p,d) demand requirements.
54 R3(k,d_m) Maximum consecutive working hours.
55 R4(k) Minimum working days.
56 R5(k) Maximum working days;
57
58 *Step 5: The equations are formulated.
59 obj.. Z =e= SUM((k,j,d),S(k,j,d)*C_t)+SUM(k, O(k)*C_ad);
60 R1(k,d).. SUM(j, S(k,j,d))=E=V(k,d);
61 R2(p,d).. SUM((k,j),x(p,j)*S(k,j,d))=G=Q(p,d);
62 R3(k,d_m).. SUM(d,V(k,d))=L=MA;
63 R4(k).. SUM(d,V(k,d))=E=Staff(k,"dmin")+O(k);
64 R5(k).. SUM(d,V(k,d))=L=Staff(k,"dmax");
65
66 MODEL asignacion /ALL/;
67 SOLVE asignacion using MIP Minimizing Z
68 display S, V, O, L, R2, L, Z, I;
69
70 *Step 6: The values obtained are uploaded to a gams file.
71 execute_unload "proyecto.gdx" S, V, O, L, R2, L;
72 *Step 7: An excel file is created with the information to visualize generated from the model.
73 execute 'gdxrw.exe proyecto.gdx vars=L rng=shifts!';
74 execute 'gdxrw.exe proyecto.gdx vars=L rng=days!';
75 execute 'gdxrw.exe proyecto.gdx vars=L rng=overtime!';
76 execute 'gdxrw.exe proyecto.gdx equ=R2, L rng=req!';
  
```

Figura 3.5 Capturas del código en Gams

Posterior a esto el proceso para obtener el dashboard de la planificación se detalla a continuación:



Figura 3.6 Pasos para obtener la información en gams

Y como producto final se tiene el Dashboard en Excel donde se visualiza la programación de horario sugerida, los horarios sugeridos que se muestran en esta sección son los resultados óptimos de las iteraciones según el número de personal activo en el programa Gams.

Paso 1. Actualizar el estado del personal en nómina.

No. =	NOMBRE	PILAR	CARGO	ESTADO
1	RONQUILLO SALDANA LEIDY YASMIN	JEFE	JEFE DE LOCAL	ACTIVO TC
2	LOOR CECILIA	COORDINADOR	COORDINADOR DE LOCAL	ACTIVO TC
3	SISLEMA PEDRO	MERCADERIA	ASISTENTE DE LOCAL	ACTIVO TC
4	YANEZ CUZCO LUIS FELIPE	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
5	VILLAMAR ARIAS CRISTOPHER JHON	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
6	MERO CRUZ ANGEL SIMON	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
7	JIMENEZ RUIZ WASHINGTON FERNANDO	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
8	VERA ROSERO JONATHAN MAURICIO	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
9	CORNEJO QUINDE MARLON ISRAEL	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
10	CHIRIGUAYO LOOR ANGEL JESUS	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
11	ALVAREZ ROSALES ALE JANDRO DARIO	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
12	SALAZAR BONILLA JOEL CRISTIAN	MERCADERIA	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
13	CRISPIN VILLEGAS STEVEN MANUEL	MERCADERIA (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	VACACIONES
14	CHIRIBOGA TOMALA AARON ISMAEL	MERCADERIA (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL
15	CARRION CASTRO WALTER JOSUE	VIGILANTE	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
16	MORA VALVERDE BILY JOY	VIGILANTE	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
17	MONTERO CASCANTE GIANCARLO	VIGILANTE	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
18	BRAVO GALLO MARIA MARICELA	IMPLANTACION	ASISTENTE DE LOCAL	ACTIVO TC
19	GUALLE ZAMBRANO JEAN CARLOS	IMPLANTACION	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
20	BURGOS CARVACHE KAREN MELISSA	IMPLANTACION	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
21	FIGUEROA FLORES SANDY NATHALY	IMPLANTACION	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
22	CAMPOS RODRIGUEZ LORENA ALEXANDRA	IMPLANTACION	TRABAJADOR OPERATIVO	VACACIONES
23	PISCO ARAUJO AMELIA ELIZABETH	VEND	VENDEDORIA	ACTIVO TC
24	BALDA ROSADO STEPHANY MELISSA	VEND	VENDEDORIA	ACTIVO TC
25	ESCOBAR ARREAGA MIRIAN GABRIELA	CAJA/CLIENTES	ASISTENTE DE LOCAL	ACTIVO TC
26	LEON TOMALA ANGEE ANDREA	CAJA/CLIENTES	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
27	MATEO LINDAO SHEILA VIVIANA	CAJA/CLIENTES	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
28	BASURTO ZAMBRANO AURORA MARGARITA	CAJA CENTRAL	ASISTENTE DE LOCAL	ACTIVO TC
29	CANARTE GARCIA ANGIE LISETH	CAJA CENTRAL	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
30	MENDEZ ELIZALDE MARIA AUXILIADORA	CAJERO	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
31	POZO MAGALLAN STEVEN VICENTE	CAJERO	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
32	VERA RONQUINLLO ALINSSON MYLENA	CAJERO	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO TC
33	JIMENEZ ALVARADO KATY CELESTE	CAJERO (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL
34	CHALEN FLORES KENYI GENESIS	CAJERO (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL
35	POSADA FAJARDO SAMANTA ISAMAR	CAJERO (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL
36	PERALTA PACHECO NICOLE MASIEL	CAJERO (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL
37	ESLAO VINUEZA YOMARA MARELIA	CAJERO (P)	TRABAJADOR OPERATIVO	ACTIVO PARCIAL

Volver a Horarios

No. Personal Activo	35
No. Personal Vacaciones	2
No. Personal Maternidad	0
Total de Personal	37

Paso 2. Haga clic en el botón Volver a programar.

No. Personal Activo Tiempo completo	29
-------------------------------------	-----------

Figura 3.7 Pasos para realizar la planificación en la interfaz

Programación de turnos

Para la semana de: 8/9/22
 No. del Local: 101
 No. Personal Activo: 31

Nombre	Pilar	Turno Optimo	Turno Manual	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1 RONQUILLO SALDANA LEIDY YASMIN	JEFE	J1	J1	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	
2 LOOR CECILIA	COORDINADOR	6	6	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
CAMIONES											
3 SISLEMA PEDRO	MERCADERIA	7	7	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	
4 YANEZ CUZCO LUIS FELIPE	MERCADERIA	2	2	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30					
5 VILLAMAR ARIAS CRISTOPHER JHON	MERCADERIA	12	12	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	
6 MERO CRUZ ANGEL SIMON	MERCADERIA	3	3	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	
7 JIMENEZ RUIZ WASHINGTON FERNANDO	MERCADERIA	8	8	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
8 VERA ROSERO JONATHAN MAURICIO	MERCADERIA	11	11	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	
9 CORNEJO QUINDE MARLON ISRAEL	MERCADERIA	6	6	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
10 CHIRIGUAYO LOOR ANGEL JESUS	MERCADERIA	9	9	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	07H30 - 16H30	
11 ALVAREZ ROSALES ALEJANDRO DARIO	MERCADERIA	1	1	LIBRE	LIBRE	07H30 - 16H30					
12 SALAZAR BONILLA JOEL CRISTIAN	MERCADERIA	6	6	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
13 CRESPIN VILLEGAS STEVEN MANUEL	MERCADERIA (P)	G2	G2	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	VACACIONES	
14 CHIRIBOGA TOMALA AARON ISMAEL	MERCADERIA (P)	P11	P11	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	LIBRE	LIBRE	
15 CARRION CASTRO WALTER JOSUE	VIGILANTE	VIG1	VIG1	LIBRE	LIBRE	07H00 - 16H00					
16 MORA VALVERDE BILY JOY	VIGILANTE	VIG7	VIG7	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	
17 MONTERO CASCANTE GIANCARLO	VIGILANTE	VIG3	VIG3	07H00 - 16H00	07H00 - 16H00	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
18 BRAVO GALLO MARIA MARICELA	IMPLANTACION	11	11	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	
19 GUALE ZAMBRANO JEAN CARLOS	IMPLANTACION	6	6	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
20 BURGOS CARVACHE KAREN MELISSA	IMPLANTACION	C1	C1	LIBRE	LIBRE	11H00 - 20H00					
21 FIGUEROA FLORES SANDY NATHALY	IMPLANTACION	C4	C4	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	
22 CAMPOS RODRIGUEZ LORENA ALEXANDRA	IMPLANTACION	12	12	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	
23 PISCO ARAUJO AMELIA ELIZABETH	VEND	VEND3	VEND3	08H30 - 17H30	08H30 - 17H30	LIBRE	LIBRE	08H30 - 17H30	08H30 - 17H30	08H30 - 17H30	
24 BALDA ROSADO STEPHANY MELISSA	VEND	E1	E1	LIBRE	LIBRE	10H30 - 19H30					
25 ESCOBAR ARREAGA MIRIAN GABRIELA	CAJA/CLIENTES	10	10	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	
26 LEON TOMALA ANGEE ANDREA	CAJA/CLIENTES	6	6	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	LIBRE	LIBRE	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	13H30 - 22H30	
27 MATEO LINDAO SHEILA VIVIANA	CAJA/CLIENTES	11	11	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	
28 BASURTO ZAMBRANO AURORA MARGARITA	CAJA CENTRAL	G1	G1	MATERNIDAD	MATERNIDAD	MATERNIDAD	MATERNIDAD	MATERNIDAD	MATERNIDAD	MATERNIDAD	
29 CANARTE GARCIA ANGIE LISETH	CAJA CENTRAL	9	9	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	07H30 - 16H30	LIBRE	LIBRE	07H30 - 16H30	
30 MENDEZ ELIZALDE MARIA AUXILIADORA	CAJERO	E1	E1	LIBRE	LIBRE	10H30 - 19H30					
31 POZO MAGALLAN STEVEN VICENTE	CAJERO	C3	C3	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	
32 VERA RONQUILLO ALINSSON MYLENA	CAJERO	C5	C5	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	11H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	11H00 - 20H00	
33 JIMENEZ ALVARADO KATY CELESTE	CAJERO (P)	P10	P10	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	16H00 - 20H00	
34 CHALEN FLORES KENYI GENESIS	CAJERO (P)	P3	P3	09H00 - 13H00	LIBRE	LIBRE	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	09H00 - 13H00	
35 POSADA FAJARDO SAMANTA ISAMAR	CAJERO (P)	P6	P6	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	
36 PERALTA PACHECO NICOLE MASIEL	CAJERO (P)	P2	P2	LIBRE	LIBRE	16H00 - 20H00					
37 ESLAO VINUEZA YOMARA MARELIA	CAJERO (P)	P12	P12	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	16H00 - 20H00	LIBRE	LIBRE	
TIEMPO PARCIAL				PERSONAL LIBRE	1	2	2	1	1	3	2
				NAL PROGRAMADO	5	4	4	5	5	3	4
TIEMPO COMPLETO				PERSONAL LIBRE	6	7	9	11	7	10	7
				NAL PROGRAMADO	22	21	20	18	21	18	21
PERSONAL OPTIMO TIEMPO COMPLETO					22	21	20	18	21	18	20
PERSONAL LIBRE TOTAL					7	9	11	12	8	13	9
PERSONAL PROGRAMADO TOTAL					27	25	24	23	26	21	25

Figura 3.8 Visualización del Dashboard en Excel

Teoría de colas

Se realizó un estudio de tiempos para identificar el modelo de colas que sirvió de herramienta para esto se recolectó la siguiente información:

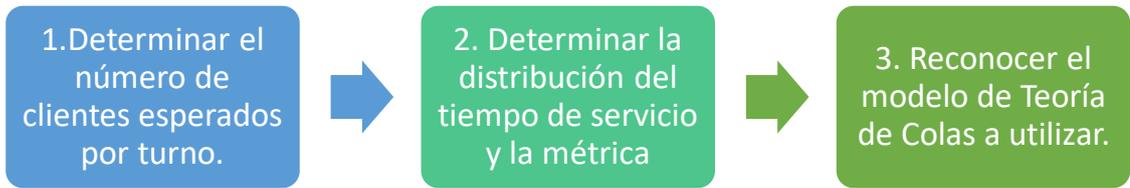


Figura 3.9 Paso para obtener la información de la simulación

1. Número de clientes esperados

- Clientes por franja horaria que llegan al local.
- Fue recolectada en la etapa de Recopilación de datos
- Archivo diario del Número de transacciones diarias.



Figura 3.10 Imagen de clientes en caja.

2. Distribución del tiempo de servicio y la métrica.



Figura 3.11 Pasos para determinar las métricas

Para determinar la distribución de probabilidad se utilizó un software estadístico Minitab el cual por medio de una prueba de bondad de ajuste determinó que la distribución es normal.

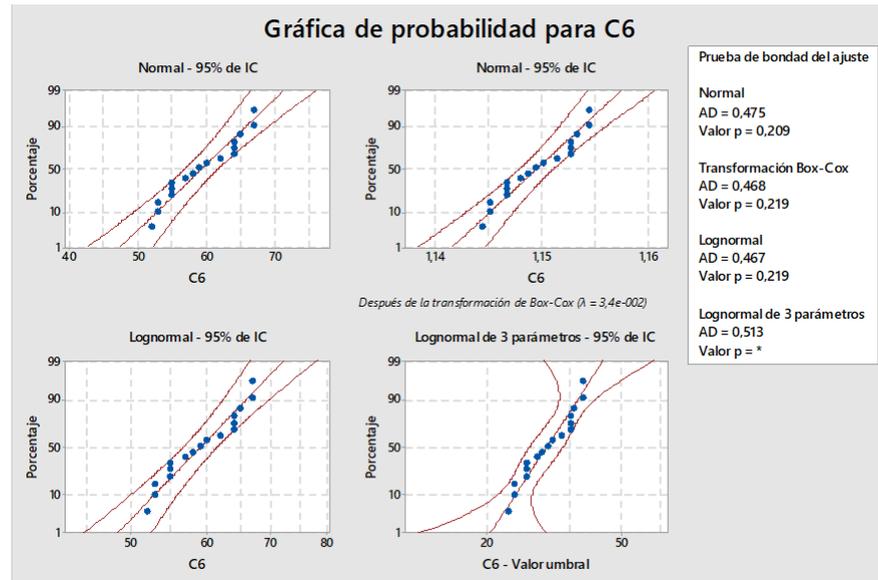


Figura 3.12 Graficas de pruebas en Minitab

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	0,475	0,209		
Transformación Box-Cox	0,468	0,219		
Lognormal	0,467	0,219		
Lognormal de 3 parámetros	0,513	*	0,875	
Exponencial	6,566	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	0,822	0,103	0,000	
Weibull	0,546	0,160		
Weibull de 3 parámetros	0,528	0,188	0,118	
Valor extremo más pequeño	0,568	0,139		
Valor extremo por máximos	0,509	0,196		
Gamma	0,518	0,205		
Gamma de 3 parámetros	0,509	*	0,710	
Logística	0,514	0,146		
Loglogística	0,506	0,154		
Loglogística de 3 parámetros	0,502	*	0,801	

Average	1,58
Desv. Estandar	0,52

Figura 3.13 Resultados de la prueba en Minitab

3. Reconocer el modelo de Teoría de Colas a utilizar

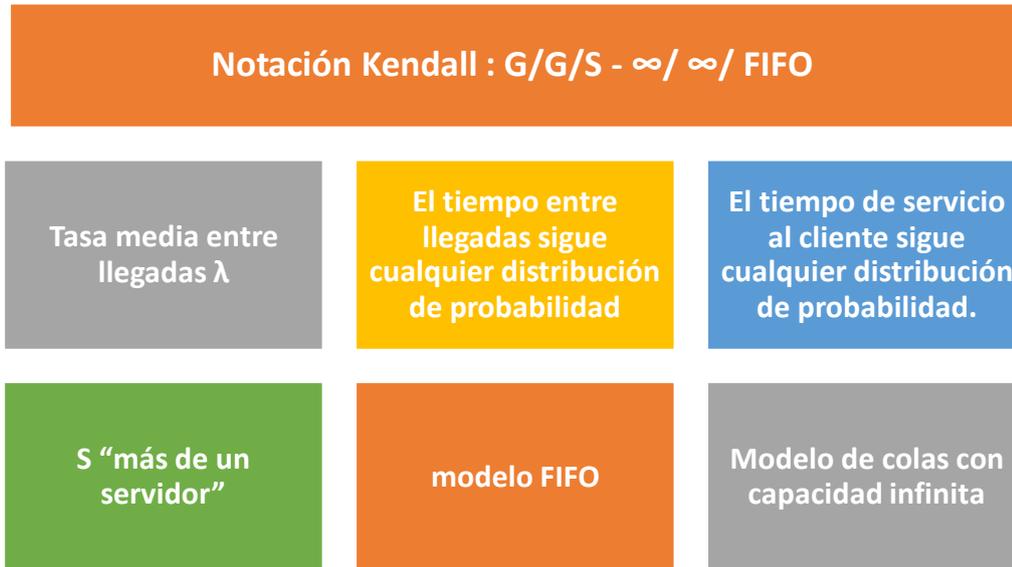


Figura 3.14 Selección del modelo de Cola

Al finalizar este estudio y seleccionar el modelo se tomó la decisión de no usar las fórmulas de teoría de colas ya que son muy analíticas y corresponden a situaciones ideales por lo que se realizó una simulación en la que se consideró los requerimientos del cliente como máximo 2 en cola.

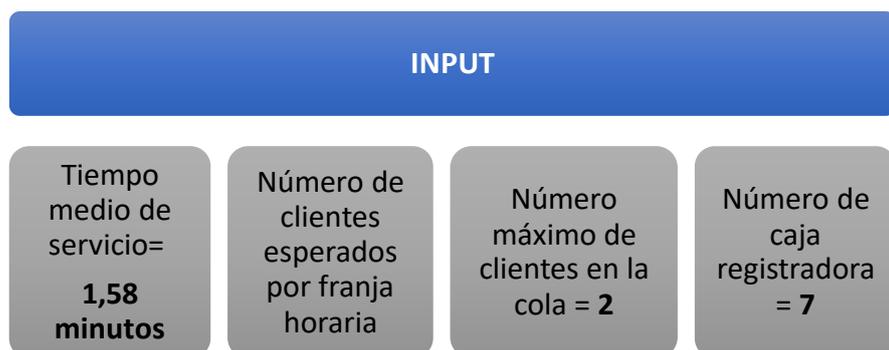


Figura 3.15 Información ingresada para la simulación

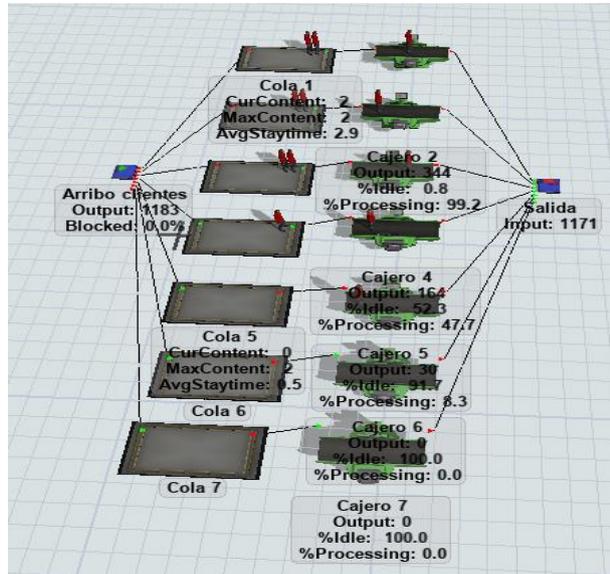


Figura 3.16 Captura de la simulación en FlexSim

3.3 Resultados

Los resultados del modelo implementado y simulado se comparten a continuación:

3.3.1 Resultados de la Simulación

A Continuación, se muestra el Gantt de utilización por franja horaria de la situación actual ver figura 3.17 en donde solo se tienen 5 cajeros para todo el horario de atención vs el gams de utilización de la situación ver figura 3.18 que se propone en la que se puede concluir que se necesita un sexto cajero en la franja horaria de 6 a 7pm para cumplir con el requerimiento de máximo dos en cola.

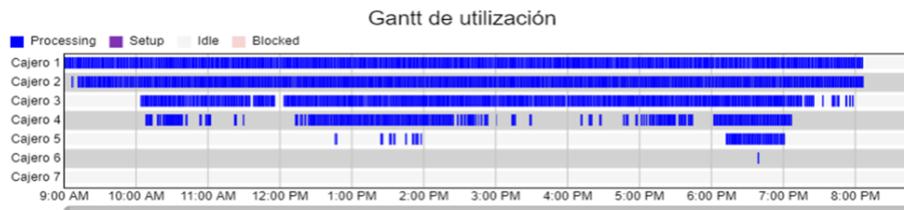


Figura 3.17 Gantt de utilización Situación Actual

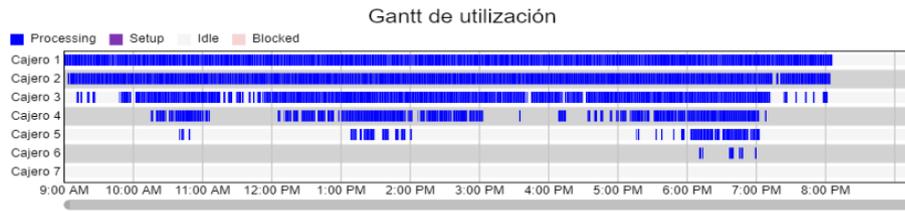


Figura 3.18 Gantt de utilización Situación Propuesta

En la figura 3.19 se muestra el porcentaje de utilización total por cada cajero diario de la situación propuesta siendo necesario un cajero 6 para cumplir con el requerimiento de máximo dos clientes en cola, como también el porcentaje de utilización total por cada cajero de la situación actual en donde se evidencia que solo se trabajan con 5 cajeros diariamente.

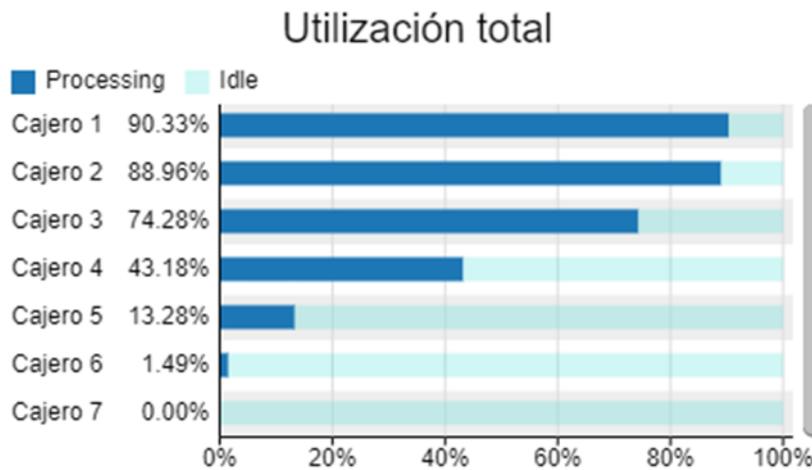


Figura 3.19 Utilización Total Situación Propuesta

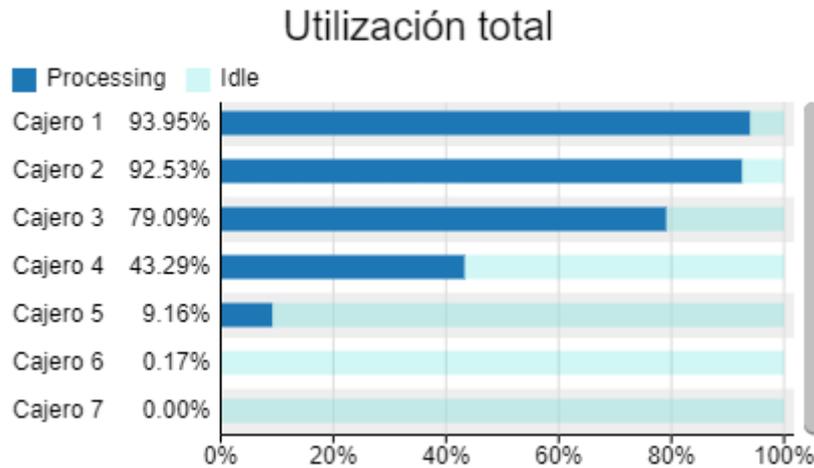


Figura 3.20 Utilización Total Situación Actual

Por último, se tiene el tiempo en cola y el tiempo de servicio al cliente en donde sumando ambos se puede obtener el tiempo total del sistema por cada cola, de igual manera se tiene el escenario de la situación propuesta figura 3.21 vs la situación actual figura 3.22.

Tiempo de ciclo

Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
Cola 1	2.87	0.00	5.32
Cola 2	2.59	0.00	5.36
Cola 3	2.15	0.00	4.97
Cola 4	1.43	0.00	4.12
Cola 5	1.19	0.00	4.26
Cola 6	0.34	0.00	1.79
Cajero 1	1.59	0.00	3.20
Cajero 2	1.57	0.00	3.34
Cajero 3	1.61	0.15	3.07
Cajero 4	1.57	0.00	2.94
Cajero 5	1.55	0.31	3.17
Cajero 6	1.37	0.86	1.86
Cajero 7	0.00	0.00	0.00
Cola 7	0.00	0.00	0.00

Figura 3.21 Tiempo promedio en cola y tiempo promedio del sistema por cada caja.

Tiempo de ciclo

Object	Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
Cola 1	5.86	0.00	9.18
Cola 2	5.43	0.00	8.87
Cola 3	4.77	0.00	8.57
Cola 4	2.90	0.00	7.96
Cola 5	2.04	0.00	5.43
Cola 6	0.00	0.00	0.00
Cajero 1	1.55	0.14	3.13
Cajero 2	1.57	0.00	2.93
Cajero 3	1.60	0.00	3.45
Cajero 4	1.56	0.03	2.86
Cajero 5	1.55	0.69	2.65
Cajero 6	1.20	1.20	1.20
Cajero 7	0.00	0.00	0.00
Cola 7	0.00	0.00	0.00

Figura 3.22 Tiempo promedio en cola y tiempo promedio del sistema por cada caja.

Para una mejor explicación de los resultados se definió se analizaron dos escenarios.

- **Horas pico**

Tabla 3.1 Número de cajeros diarios por franja horaria en horas pico.

Inicio	Fin	Número de cajeros
10:00	11:00	5
13:00	14:00	5
17:00	18:00	5
18:00	19:00	6

En la tabla 3.1 se puede visualizar que se debe contar con 6 cajeros diarios para satisfacer el requerimiento de que solo deben estar en cola dos clientes.

- **Horas estables**

En la tabla 3.2 se puede visualizar que se debe contar con 4 cajeros diarios para satisfacer la premisa de que solo deben estar en cola dos clientes.

Tabla 3.2 Número de cajeros diarios por franja horaria en horas estables.

Inicio	Fin	Número de cajeros
9:00	10:00	3
11:00	12:00	3
12:00	13:00	4
14:00	15:00	4
15:00	16:00	4
16:00	17:00	4
19:00	20:00	3

A continuación, se tiene una comparación de métricas de la situación actual vs la situación propuesta, el cual es un resumen de los resultados del tiempo en ciclo de la situación propuesta vs la situación actual ver figura 3.21 y 3.22 respectivamente.

Tabla 3.3 Resumen de métricas de simulación

	Situación actual	Situación propuesta
Máximo de clientes en cola	4	2
Tiempo medio de cola	4,2 min	1,46 min
Tiempo promedio en todo el sistema	5,8 min	2,97 min

Donde se obtuvo un beneficio de:

$$\text{Beneficio} = 6,6 \text{ min} - 2,97 \text{ min} = 3,63 \text{ minutos}$$

El beneficio que se generó a través del modelo sin duda alguna es de gran impacto en el nivel del servicio ya que previamente se realizó un estudio de ventas pérdidas por filas excesivas el cual se detalla a continuación.

Antes de la propuesta

Tabla 3.4 Estudio de ventas perdidas antes de la implementación

Día	Número de clientes
Viernes 26 de Agosto	12
Sábado 27 de Agosto	15
Domingo de Agosto	14
	41

Propuesta implementada

Tabla 3.5 Estudio de ventas perdidas después de la implementación

Día	Número de clientes
Viernes 2 de Septiembre	6
Sábado 3 de Septiembre	7
Domingo 4 de Septiembre	2
	15

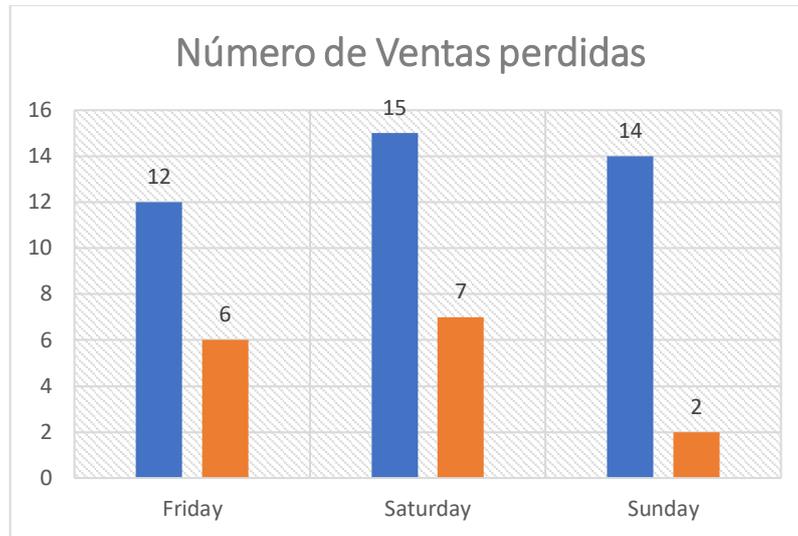


Figura 3.23 Comparación de ventas perdidas antes y después de la implementación.

Lo que nos indica que la implementación de la propuesta contribuyó a reducir las ventas pérdidas en un 63,41%.

3.3.2 Resultados del Modelo Matemático en Gams

Para una mejor explicación de los resultados se realizaron ver figura 3.24 y 3.25 que indican el número del personal operativo en turno y libre de la situación actual vs el número del personal operativo en turno y libre de la situación propuesta respectivamente.



Figura 3.24 Personal operativo programado en la situación Actual

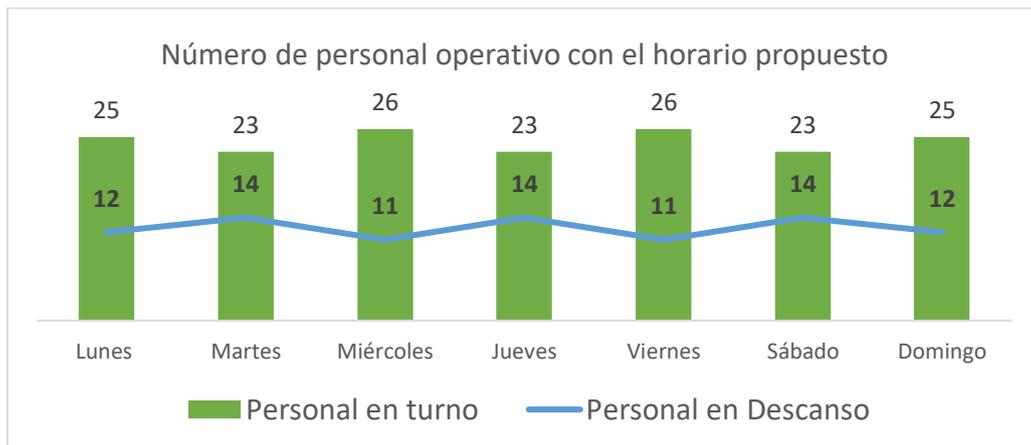


Figura 3.25 Personal operativo programado en la situación Propuesta

Analizando ambos escenarios se tiene como resultado una disminución en el indicador de horas hombre trabajadas de 10,10% con respecto a la situación actual y un aumento en los días de descanso del personal operativo de 11,36%.

Análisis de Costos

Como se detalla en la figura 3.26 la situación propuesta tiene una disminución en el total de pago de nómina correspondiente al 11,46% en comparación a los 3 últimos meses donde se incurren en horas extras.

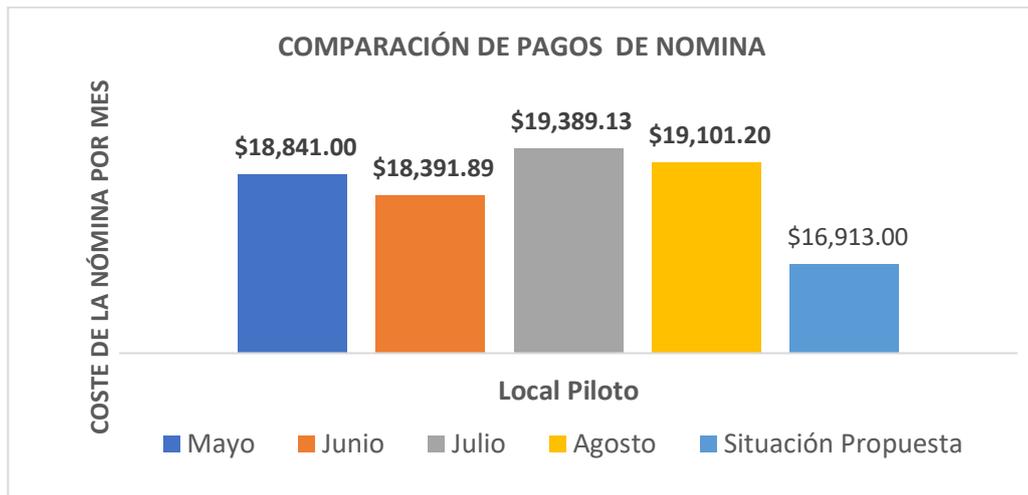


Figura 3.26 Comparación de pago de Nomina

Y finalmente, como aporte al objetivo número 13 de sostenibilidad respecto al medio ambiente, dado a que la cantidad de personas en turno disminuye también lo hacen los viajes por movilización a la zona de trabajo, contribuyendo con esto a la disminución de la huella de carbono.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se necesitan entre 28 y 31 empleados tiempo completo para satisfacer la demanda diaria.
- Se necesitan 3 cajeros en horas estables para cumplir con el requerimiento de máximo 2 clientes en fila.
- Se necesitan 6 cajeros en horas pico para cumplir con el requerimiento de máximo 2 en fila.
- Una planificación del personal optima depende del número de transacciones diarias, inventarios y recepción de mercadería.
- Se debe planificar diariamente 4 empleados parciales para la reducción de tiempos en cola.
- La implementación de una planificación óptima tiene gran impacto en el nivel de servicio y en la reducción de costos de nómina.
- Un buen nivel de servicio afianza la relación de fidelización con el cliente.
- El modelo tiene en cuenta las necesidades y las limitaciones legales, sociales y económicas de la empresa, equilibrando la carga de trabajo.

4.2 Recomendaciones

- Actualizar constantemente el personal activo para evitar errores de planificación.
- Planificar en base al personal sugerido ya que es el personal optimo diario que satisface la demanda.
- No alterar ningún parámetro ni formula del modelo.
- Si existe alguna rotación de personal se recomienda editar los nombres de los colabores en la pestaña de personal activo.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez, & Medina. (2012). *Design from Scratch*.
- Jia, C., Cai, Y., Tak Yu, Y., & Tse, T. (2016). 5W+1H pattern: A perspective of systematic mapping studies and a case study on cloud software testing. *The Journal of Systems and Software*, 206-219.
- Menon, R., & V, R. (2021). Using ANP and QFD methodologies to analyze eco-efficiency requirements in an electronic supply chain. *Cleaner Engineering and Technology*, 1-46.
- C., Aguwa, Monplaisir, L., & Turgut, O. (2012). Elsevier Expert Systems with Applications. En *Voice of customer: Customer satisfaction ratio based analysis*. (págs. 10112-10119).
- Cattaneo, G., Glennon, M., Schwenk, H., IDC, Francalanci, C., & Pinzone, M. .. (2018). Data Collection Plan. *DataBench*, 1-37.
- Keeley, P. (2021). What Is Brainstorming? . *Science & Children*, 14.
- Cervone, F. (2009). Applied digital library project management: Using Pugh matrix analysis in complex decision-making situations. *OCLC Systems & Services*, 228.
- Rardin, L. R. (1998). *Optimizations in Operations Research*. Hoboken: Pearson.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. Stanford: McGraw-Hill.

3.Reuniones para realizar ediciones necesarias para el modelo



4. Implementación con acompañamiento