UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Propuesta de mejora aplicada a la programación de turnos de cajeros y dimensionamiento de la cantidad asistentes de venta en una tienda por departamentos que incremente la productividad y satisfacción del cliente”

TESIS

Para optar por el título de Ingeniero Industrial

AUTORES

Abanto Leon, Carlos Enrique Eloy (0000-0002-5928-3645)

Abanto Espinoza, Eloy Humberto (0000-0003-1925-6287)

ASESOR

Eyzaguirre Munarriz, Juan Carlos (0000-0003-4617-4412)

Lima, 22 de noviembre del 2018

DEDICATORIA

*A mi familia siempre llena de consejos
y aprendizajes, a la vida siempre llena
de experiencias impredecibles y
fascinantes.*

Eloy Abanto Espinoza

*A mi familia, que ha sido la base de mi formación y los
cimientos de mi desarrollo. Gracias por su apoyo
constante y sincero, en especial a mis padres
y mis hermanos Luis, Dunkel y Aisa.*

Carlos Abanto Leon

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	1
1.1. SITUACIÓN DEL MERCADO RETAIL EN EL PERÚ	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Sector retail en el Perú.....	2
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE:	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.1.1. Objetivo Específico Capítulo 1	3
1.2.1.2. Objetivo Específico Capítulo 2	3
1.2.1.3. Objetivo Específico Capítulo 3	4
1.2.1.4. Objetivo Específico Capítulo 4	4
1.2.1.5. Objetivo Específico Capítulo 5	4
1.2.2. Alcance	4
1.3. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	4
1.4. METODOLOGÍA.....	4
1.5. MARCO CONCEPTUAL	6
1.5.1. Ciclo de mejora continua (PHVA)	6
1.5.2. Programación de personal	7
1.5.3. Programación Lineal (PL)	11
1.5.3.1. Introducción:.....	11
1.5.3.2. Definición de términos de uso común	13
1.5.3.3. Propiedades de la programación lineal	15
1.5.4. Estudio de tiempos y movimientos.....	16
1.5.5. Pronóstico de la Demanda	18
1.5.5.1. Tipos de Pronósticos.....	19
1.5.5.2. Descomposición de una serie de tiempo con factor estacional	19
1.5.6. Marco legal en el Perú: Horarios de trabajo	21
1.5.6.1. Jornada laboral:.....	21
1.5.6.2. Refrigerio.....	21
1.5.6.3. Descanso Remunerados.....	22
1.6. ESTADO DEL ARTE	22
1.6.1. Casos de Éxito	23

1.6.1.1. Problemas de asignación de personal aplicado a un personal integrado de enfermería.....	23
1.6.1.1.1. Descripción del problema	23
1.6.1.1.2. Propuesta del autor.....	23
1.6.1.1.3. Diseño de la propuesta	24
1.6.1.1.4. Resultados y conclusiones	24
CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO	25
2.1. DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	25
2.1.1. Antecedentes de la realidad problemática	25
2.1.1.1. Paso 1.1 Descripción y caracterización del proceso de venta	27
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	28
2.2.1 Problema principal.....	28
2.2.1.2 Generación.....	28
2.2.1.2 Clarificación	28
2.2.1.3 Evaluación	29
2.3. IMPACTOS ECONÓMICOS DEL PROBLEMA	36
2.4 ANÁLISIS DE CAUSA EFECTO	37
2.3.1 Análisis de criticidad de causas raíces.....	38
2.3.2 Análisis de los tres porqués de causas raíces:.....	40
2.5 ELECCIÓN DE SUCURSAL A ELEGIR	42
2.3.1 Descripción de la situación actual y los datos transaccionales de la sucursal elegida:	43
2.3.2 Estudio de la demanda de transacciones.....	44
CAPÍTULO 3: PROPUESTA	46
3.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	47
3.1.1Planificar.....	47
3.1.1.1 Analizar y comprender la magnitud del problema	47
3.1.1.2 Establecimiento del nivel de desempeño exigido.....	49
OBJETIVOS DE LA MEJORA	49
3.2.1. Desarrollo de la propuesta de programación lineal entera	50
3.2.1.1 Análisis descriptivo y exploratorio de la información de transacciones .	50
3.2.1.2 Pronóstico de la demanda de transacciones.....	61

3.2.1.2.1 Estudio de patrones de datos con series de tiempos	61
3.2.1.2.2 Exploración de series de tiempo: autocorrelación	63
3.2.1.3 Staffing:	68
3.2.1.4 Scheduling	76
3.1.1.4.1 Solver:.....	91
3.2.2 Desarrollo de la propuesta de estudio de tiempos para la cantidad de asistentes de ventas por división.	97
3.2.2.1 Registrar información del método de trabajo actual.....	98
3.1.2 Hacer.....	103
3.1.3 Verificar.....	116
3.1.4 Actuar	123
CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....	124
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
5.1 Conclusiones.....	141
5.2 Recomendaciones	143
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXOS	146
ANEXO #1	146
ANEXO #2	173
ANEXO #3	201

ÍNDICE DE CUADROS:

Cuadro 1: Ciclo PHVA y los 8 pasos para la solución de problemas	7
Cuadro 2: Valoración del empleado	18
Cuadro 3: Suplementos o Tolerancias de la OIT.....	18
Cuadro 4: Cantidad de clientes insatisfechos setiembre 2017 a abril 2017.....	33
Cuadro 5: Análisis acumulado de clientes insatisfechos: set 2017 hasta abril 2018.....	34
Cuadro 6: Clientes insatisfechos por subestratos 2017-2018	35
Cuadro 7: Impacto de económico del problema.....	36
Cuadro 8: Análisis de criticidad de causas raíces: Problema 1	38
Cuadro 9: Análisis de criticidad de causas raíces del problema 2.....	39
Cuadro 10: Análisis de las causas raíces mediante el método de los 3 porqués	41
Cuadro 11: Hoja de ruta del problema de programación lineal.....	50
Cuadro 12: Estructura de la información para ANOVA meses del año.....	51
Cuadro 13: Prueba de homogeneidad de varianzas	53
Cuadro 14: Resultado Anova de un factor.....	53
Cuadro 15: Pruebas Post Hoc :DMS	54
Cuadro 16: Subconjunto Homogéneos o Duncan	54
Cuadro 17: Estructura de información para ANOVA: semana del mes.....	56
Cuadro 18: Prueba de homogeneidad de varianzas	56
Cuadro 19: Resultado Anova de un factor semanas del mes.....	56
Cuadro 20: Pruebas Post Hoc :DMS	57
Cuadro 21: Subconjunto Homogéneos o Duncan	57
Cuadro 22: Orden de información para ANOVA.....	58
Cuadro 23: Prueba de homogeneidad de varianzas	59
Cuadro 24: Anova de 1 Factor.....	59
Cuadro 25: Pruebas Post Hoc DMS	60
Cuadro 26: Subconjunto Homogéneos o Duncan	61
Cuadro 27: Resultado función de autocorrelación.	64
Cuadro 28: Resultados Pronóstico: Mes.....	66
Cuadro 29: Tiempos promedios de atención local Santa Anita.....	70
Cuadro 30: Ejemplo 1.....	72
Cuadro 31: Resolución del Ejemplo 1	73
Cuadro 32: Demanda del lunes en HH por franja horaria	77

Cuadro 33: Demanda detallada para los lunes	78
Cuadro 34: Turnos PT	80
Cuadro 35: Tunos FT.....	81
Cuadro 36: turno FT semanales.....	82
Cuadro 37: Distribución detallada de variables de turnos de cajeros.....	84
Cuadro 38: Variables reductoras	85
Cuadro 39: Malla de horarios	86
Cuadro 40: Máximos y mínimos	87
Cuadro 41: Plantilla antes de generar horarios.....	93
Cuadro 42: Capacidad operativa por periodo y día	95
Cuadro 43: Comparativo Modelo Actual vs PL	96
Cuadro 44: Ficha de información de toma de tiempos.....	99
Cuadro 45: Suplementos aplicados	100
Cuadro 46: Calculo del Tiempo Estándar del asistente de venta	100
Cuadro 47: Resumen Final de Estudio de Tiempos para la división de Mujer	101
Cuadro 48: Resultados de Dotación Tienda Santa Anita	102
Cuadro 49: Control diario de cajas	123
Cuadro 50: Flujo promedio de tráfico	126
Cuadro 51: Capacidades obtenidas del modelo de PL	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de tiendas vs Superficie de Venta.....	2
Figura 2: Participación de la Compañía en el mercado	3
Figura 3: Tipo de descomposición: aditiva y multiplicativa	20
Figura 4: SIPOC del proceso de venta.....	27
Figura 5: Indicador de Satisfacción Neta	29
Figura 6: Encuesta de Satisfacción del Cliente	30
Figura 7: Indicador de satisfacción del cliente: Personal de ventas	31
Figura 8: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Cajas	31
Figura 9: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Seguridad	32
Figura 10: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Producto	32
Figura 11: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Probadores	33
Figura 12: Diagrama de Pareto de clientes insatisfechos	34
Figura 13: Pareto de segundo nivel de clientes insatisfechos por subestratos.....	35
Figura 14: Diagrama de Ishikawa: Problema 1	37
Figura 15: Diagrama de Ishikawa: Problema 2	37
Figura 16: Paretos de criticidad de causas raíces: Problema 1	39
Figura 17: Pareto de criticidad de causas raíces: Problema 2.....	40
Figura 18: Conversión vs Tiempo de espera en la Caja vs Potencial de ventas.....	43
Figura 19: Local Santa Anita.....	44
Figura 20: Ubicación Local Santa Anita	44
Figura 21: Comportamiento de transacciones por día	45
Figura 22 : Comportamiento de transacciones por día	45
Figura 23: Metodología de la Propuesta de solución	47
Figura 24: Índice de satisfacción neta del tiempo de espera en la Caja	48
Figura 25: Índice de satisfacción neta de la disponibilidad de asistentes de venta	49
Figura 26: Pasos del ANOVA de un factor	52
Figura 27: Anova de Un Factor:	52
Figura 28: ANOVA de un factor: Comparaciones múltiples post hoc.....	53
Figura 29: Diagrama de Cajas mes a mes	55
Figura 30: Diagrama de Cajas semanas del mes	58
Figura 31: Software Minitab 18	62
Figura 32: Serie de tiempo de las TRX mensuales 2015-2016-2017	62

Figura 33: Función de autocorrelación de cantidad transacciones de venta.....	63
Figura 34: Descomposición de Serie de Tiempo: Modelo aditivo	65
Figura 35: Gráfico de Serie de tiempo de las transacciones diarias 2015-2016-2017 ..	67
Figura 36: Descomposición de Serie de Tiempo: Modelo aditivo	67
Figura 37: Base de datos: Transacciones Santa Anita 2017	71
Figura 38: Resumen de HH necesarias por día/hora	74
Figura 39: Resumen Filtrado de HH necesarias por día/hora.....	75
Figura 40: Modelo Lingo resumido.....	89
Figura 41: Resultados Lingo	90
Figura 42: Motor de optimización	91
Figura 43: Modelo Solver.....	92
Figura 44: Resultado del Solver (Plantilla de cajeros PT).....	94
Figura 45: Índice de Satisfacción Neta de Disponibilidad de Asesores de venta.....	97
Figura 46: Proceso de programación de horarios de cajeros	104
Figura 47: SIPOC de programación de horario de cajeros	105
Figura 48: Proceso de seguimiento de asistente de ventas por división	110
Figura 49: SIPOC del proceso de venta por división	111
Figura 50: Sistema de registro de tráfico	125
Figura 51: Resultados tiempo de permanencia Fit All Input Analyzer	127
Figura 52: Análisis de tiempo de permanencia en tienda	128
Figura 53: Modelo Arena	129
Figura 54: Resultados tiempo de atención Fit All Input Analyzer	131
Figura 55: Análisis de tiempo de permanencia en tienda	131
Figura 56: Modelo de simulación con horario de cajeros actual	133
Figura 57: Modelo de simulación con horario de cajeros de PL	134
Figura 58: Utilización en el tiempo de cajas con horarios actuales	135
Figura 59: Utilización en el tiempo de cajas con horarios PL.....	136
Figura 60: Utilización en el tiempo de cajas horarios actuales vs horarios PL	136
Figura 61: Reporte Arena – Modelo con horarios antiguos (Colas).....	137
Figura 62: Reporte Arena – Modelo con horarios antiguos (Colas).....	137
Figura 63: Utilización de recursos modelo de horarios actuales	138
Figura 64: Utilización de recursos modelo de horarios PL	139

RESUMEN

La presente tesis desarrolla una propuesta de mejora mediante modelos de programación lineal y estudio de tiempos en una tienda por departamentos, cuyo objetivo es incrementar los indicadores de satisfacción de espera en el área caja y la productividad de los asistentes de venta. En capítulo 1 se desarrolló el marco teórico de las herramientas de ingeniería en las cuales nos apoyaremos para encontrar y resolver los principales problemas. En el capítulo 2 se describió la realidad problemática y se presentó los resultados de los indicadores de satisfacción en cajas y disponibilidad con 63.5% y 57.7% respectivamente sobre una meta de 85% a nivel compañía, lo que afecta directamente a sus ventas e imagen. En el capítulo 3 se introducen las metodologías de Programación Lineal y Estudio de Tiempos, dichas metodologías dentro del marco del ciclo de mejora continua PHVA.

Además de esto, los modelos se apoyan en herramientas como la ingeniería de métodos, la gestión por procesos, las series de tiempos, el análisis de varianza, los Paretos e Ishikawa, etc. En el capítulo 4 se realizó la implementación del nuevo modelo en el software de simulación ARENA, esto con el propósito de validar las propuestas de solución.

Finalmente, en el capítulo 5 se concluye que las propuestas de mejora logran resolver los problemas presentados, así como sus respectivas causas raíz, incrementando así los indicadores de satisfacción de espera en la caja, y de la disponibilidad de asistentes de ventas.

Palabras Claves: productividad; programación; retail; cajeros; colas.

Proposal for improvement, applied to cashier scheduling and staffing for sales assistants in a department store that increases productivity and customer satisfaction

ABSTRACT

This thesis develops a proposal for improvement through models of linear programming and a times study in a department store, whose objective is to increase the indicators of satisfaction of waiting in queue and the productivity of sales assistants. In Chapter 1, the conceptual-theoretical framework of the engineering tools was developed, in which we will rely on to find and solve the main problems. In chapter 2, the background and reality were described, and the results of KPI of: waiting in queue and sales assistant availability were presented with 63.5% and 57.7% compared to a 85% set as company goal, which directly affects their sales performance and image. Chapter 3 introduces the methodologies of Linear Programming and Times Study, within the framework set by Deming's cycle PDCA.

In addition to this, the models are supported by tools such as study of work, process management, time series, analysis of variance, Pareto chart and Ishikawa diagram, etc. In Chapter 4, the implementation of the new model in the ARENA simulation software was carried out, with the purpose of validating the solution proposals.

Finally, in chapter 5 it is concluded that the improvement proposals manage to solve the problems presented from the root, thus while improving satisfaction KPI in queue at cashier module, and the availability KPI of sales assistants.

Keywords: productivity; programming; retail cashiers; Queuing theory

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. SITUACIÓN DEL MERCADO RETAIL EN EL PERÚ

1.1.1. Antecedentes

En 1997 las Tiendas por departamentos donde se realizará el proyecto de investigación aplicada comenzó sus operaciones en el Perú, inaugurando su primera tienda en el centro comercial Jockey Plaza. El modelo de negocios de la Compañía está enfocado en la experiencia de compra de los clientes a través de tiendas con formatos modernos, grandes superficies de venta y una oferta de productos de vestuario, electrónica y hogar entre otras categorías. Las sucursales están abiertas al público, los 365 días del año en horarios de 11:00 am a 9 :00pm.

Hasta hace pocos años las tiendas por departamento se encontraban presentes sólo en Lima, sin embargo, dadas las favorables perspectivas económicas y de crecimiento sostenido en el Perú, el sector de tiendas por departamentos comenzó, una progresiva expansión hacia regiones.

Es así es como la compañía en el año 2007 inauguró su primera tienda fuera de Lima, en Trujillo y a la fecha la compañía tiene 13 tiendas fuera de la capital. En línea con esta estrategia, durante el 2014 se inauguraron 4 tiendas en Perú; específicamente Cajamarca, Salaverry, Juliaca y Pucallpa, esta última ubicada en la selva peruana, mientras que en abril de 2015 se abrió la tienda Breña en Lima. Por último, en agosto 2016 se inauguró la tienda Atocongo, en el Mall del Sur, Lima y, en diciembre del mismo año, la tienda de Cayma en Arequipa, esta última con una superficie de venta de 6,160 m², lo que permitió llevar el número de tiendas en Perú a un total de 29. (Compañía, 2017)

Figura 1: Evolución de tiendas vs Superficie de Venta

Fuente: Memoria Anual 2017

1.1.2. Sector retail en el Perú

Durante los últimos años, la industria de retail en el mundo ha experimentado grandes cambios y avances gracias a diversos factores como el crecimiento de la economía, la globalización, la mayor disponibilidad de crédito, el aumento en el consumo y el aumento del poder adquisitivo, los avances de la tecnología y el ingreso de las fast-fashion, entre otros. El entorno actual en el cual se desarrolla esta industria es altamente dinámica y competitiva, con altos grados de especialización en diversos rubros, como alimentos, vestuario y electrónica, por nombrar algunos. El e-commerce se ha transformado en un eje de desarrollo importante para la industria y los consumidores. En el caso de la compañía, su negocio de retail se enfoca en la venta en tiendas por departamento, industria en que existe un alto grado de competencia con competidores de diversos tamaños, como Falabella, Paris y Oechsle y las fast-fashion como H&M, Forever 21 y Zara por mencionar algunos. (Memoria Anual, 2017)

Respecto a la participación de mercado en Perú el mercado se encuentra bastante más concentrado, lo que le permite a la Compañía ser uno de los dos principales retailers del mercado, con una participación cercana al 38%, según datos de la **Clasificadora de Riesgo Apoyo y Asociados Equilibrium**. (Equilibrium, 2017).

Figura 2: Participación de la Compañía en el mercado

Fuente: Equilibrium 2017.

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE:

1.2.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de programación lineal de horarios de cajeros y de un dimensionamiento de la cantidad de asistentes de venta por división, para aumentar la satisfacción del cliente y la productividad de mano de obra.

1.2.1.1. Objetivo Específico Capítulo 1

Presentar la situación actual del sector de las tiendas por departamento en el Perú, así como también el marco teórico de las metodologías a aplicar en la propuesta de mejora de cajeros y asistentes de venta.

1.2.1.2. Objetivo Específico Capítulo 2

Realizar el diagnóstico de la información transaccional relevante, data de satisfacción de cliente entre otros , para identificar los problemas ,causas raíces y por ende oportunidades de mejora aplicable a la asignación de horarios de cajeros y cantidad de asistentes de ventas.

1.2.1.3. Objetivo Específico Capítulo 3

Diseñar y proponer una metodología usando herramientas de ingeniería industrial para modelar la asignación de ideal de horarios de cajeros y cantidad de asistentes de venta y así lograr un nivel de servicio aceptable para la organización.

1.2.1.4. Objetivo Específico Capítulo 4

Mostrar la validación de los modelos propuestos en capítulo 3 con el Software Arena , así como la evaluación económica-financiera de la solución escogida, la cual permitirá evidenciar el impacto de la simulación; y el impacto económico previsible a los stakeholders, tales como empresarios, trabajadores inversionistas, y clientes. Enumerar las posibles ventajas del uso del modelo de éxito planteado.

1.2.1.5. Objetivo Específico Capítulo 5

Consolidar las conclusiones y recomendaciones a partir del estudio realizado.

1.2.2. Alcance

Una sucursal, extrapolable a 30 tiendas de la compañía.

1.3. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

- I. Presentación del marco teórico para la propuesta del modelo de asignación de recursos en fuerza de trabajo en el área de cajas y asistentes de venta en una tienda por departamentos.
- II. Determinar el diagnostico en base a data transaccional.
- III. Entrega de la propuesta de mejora que permita optimizar la asignación de recursos de cajeros y asistentes de venta.
- IV. Mostrar la validación de la solución escogida.
- V. Entrega de las conclusiones y recomendaciones.

1.4 METODOLOGÍA

La economía actual está caracterizada por ser competitiva y de rápido crecimiento en el sector servicios, por lo tanto, es importante usar eficazmente los recursos humanos, que son la parte central de las empresas de servicios, y en su mayoría el área más costosa de

las organizaciones. Una adecuada y eficiente programación laboral puede reducir los costos por recursos humanos, mejorar el nivel de servicio al cliente y también incrementar el nivel de satisfacción del cliente con la organización o empresa.(Pawar & Hanchate, 2013)

Los tipos de programación de horarios de fuerza laboral se puede distinguir en 3 grandes grupos: programación de turnos, días sin programación y de programación de giras, esta última es la combinación de las dos primeras; y en la que se centrará este estudio. La programación de giras está enfocada en organizaciones que operan 7 días a la semana, que cuentan con más de un turno al día, y que contemplan descansos semanales y diarios, así como también horas específicas dentro de la semana donde tiene que estar presente. La complejidad de este modelo depende en su mayoría del tamaño de la organización y las variables intrínsecas a la misma; pero lo que influencia en mayor medida en la complejidad, es el intervalo de planeación de horarios que en su mayoría va desde 15 minutos hasta 8 horas.(Bhulai, Koole, & Pot, 2008)(Moreno-Camacho, Montoya-Torres, & Vélez-Gallego, 2018); (Pawar & Hanchate, 2013)

Los métodos más usados en la solución de programación de personal pueden ser clasificados en dos categorías: los basados en programación lineal o los basados en construcción. Posteriormente, diferentes autores han agregado una serie de métodos aplicados a diferentes entornos. Según la recopilación realizada por el autor, los métodos utilizados en la solución de programación de giras se resumen principalmente en 10 (Alfares, 2004)(Pawar & Hanchate, 2013):

- ✓ Solución manual
- ✓ Programación Integral
- ✓ Modelado implícito
- ✓ Modelo de descomposición
- ✓ Programación basada en objetivos
- ✓ Generación de trabajo conjunto
- ✓ Solución basada en programación lineal

✓ Modelo de Construcción / mejora

✓ Metaheurística

La programación y dotación de personal presenta varios enfoques a tomar en consideración: Modelado de la demanda, programación de días libres, programación de turnos, asignación de tareas, y asignación de personal, entre otras. El requerimiento de estos módulos depende en gran medida de la realidad o del entorno al cual es aplicado, por lo que es común usar varios de estos módulos dentro del procedimiento de modelado. (Ernst, Jiang, Krishnamoorthy, & Sier, 2004)

Como se puede observar, la programación horaria y de dotación de personal, varía ampliamente entre organizaciones, ya que todas presentan diferentes entornos y condiciones de trabajo, así como también público objetivo; por lo que es importante formar un modelo basado en los enfoques que mejor reflejen la realidad y particularidades de la organización que será analizada en este estudio.

1.5. MARCO CONCEPTUAL

Para ayudar a mejorar la comprensión tanto del problema como de su entorno, a continuación, se desarrollará el marco conceptual en el que se explicarán los términos y metodologías más importantes correspondientes a la programación de horarios y dotación de personal; que serán usadas en este documento, así como las herramientas y teoría de ingeniería industrial donde se apoyarán nuestro modelo.

1.5.1. Ciclo de mejora continua (PHVA)

El método de Ciclo de Mejora continua o PHVA por sus siglas Planear , Hacer , Verificar y Actuar es una metodología, procedimiento, o series de pasos que se utilizan para los procesos de mejoras y de la productividad dentro de las organizaciones.(Gutiérrez, 2014)

Para ello, cuando se desea solucionar un problema importante dentro de una organización es necesario que los equipos de trabajo utilicen el ciclo de mejora continua PHVA, junto a unos 8 pasos que el autor sugiere y que se presentan a continuación :

Cuadro 1: Ciclo PHVA y los 8 pasos para la solución de problemas

Etapas del ciclo	Paso núm.	Nombre del paso	Técnicas que se pueden usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema.	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control.
	2	Buscar todas las posibles causas.	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa.
	3	Investigar cuál es la causa más importante.	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa.
	4	Considerar las medidas remedio.	Por qué . . . necesidad. Qué . . . objetivo. Dónde . . . lugar. Cuánto . . . tiempo y costo. Cómo . . . plan.
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio.	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos.	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema.	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control.
	8	Conclusión.	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro.

Fuente: (Gutierrez, 2014)

En el marco de esta metodología, se desarrollará nuestra propuesta del modelo, que servirá como guía para obtener la soluciones a nuestro problema de investigación.

1.5.2. Programación de personal

La programación de la personal (PP) en una organización es una de las tareas más complicadas que los gerentes o supervisores tienen que afrontar. La dificultad de esta tarea aumenta conforme el tamaño de la compañía es mayor. La PP define la cantidad de mano de obra que debe ser contratada, así como también cuando debe realizarse más contrataciones o ceses de personal part-time o full-time. Consecuentemente, la programación de personal es la combinación entre la toma de decisiones de dotación de personal y programación de turnos de personal. Los problemas de PP suponen características especiales que no están presentes en otros tipos de problema de asignación de recursos. Ya que la PP trabaja directamente con personas, la toma de decisiones tiende a ser muy variable o dinámica; por lo que las personas a cargo de estas decisiones tienden a enfrentar un entorno muy irregular y heterogéneo; ya que se tiene que tomar en consideración las habilidades de los empleados, restricciones de horas de trabajo, o restricciones de unión para trabajos conjuntos, etc. (De Bruecker, Van den Bergh, Beliën, & Demeulemeester, 2015)

Thompson define la programación de personal de la siguiente manera:

Labor scheduling (Programación de personal) - el proceso que iguala, durante las operaciones del día, el número de empleados trabajando con el número de trabajadores que se necesitan para proveer el nivel deseado de servicio al cliente es frecuentemente un gran determinante de la eficiencia en la organización del servicio. (Thompson, 1995)

El término usado frecuentemente en el habla hispana para hacer referencia a la calendarización de recursos es Scheduling. Los procesos de planificación y scheduling han sido ampliamente estudiados y utilizados en su mayoría de veces de forma separadas, tanto en las industrias de manufactura como en las de servicios. La planificación se centra en la selección anticipada de acciones (dentro de un dominio), que buscan lograr o cumplir con una meta u objetivo específico. Por otro lado, el scheduling se centra en los requerimientos de ejecución (tiempo y recursos) de carácter numérico, (por ejemplo: la cantidad de empleados, cantidad de días laborables a la semana, cantidad de horas laborables al día, etc....) y su correcta distribución y ejecución de estos. La selección de una acción, por lo general, está limitada por restricciones de tiempo, de disponibilidad de recursos y al nivel buscado de optimización o eficiencia o nivel de servicio. Los problemas del mundo real requieren de las capacidades de ambos procesos mencionados anteriormente, entonces, se puede concluir que tanto la Planificación como el Scheduling se complementan el uno al otro para poder llegar a la mejor solución de un problema real. (García-Hernández & Garrido, 2006)

Puchol (2012) y (De Bruecker et al., 2015), definen dentro de la PP varias definiciones que se tendrán que tomar en cuenta para una mejor comprensión:

a) ***Selección de personal:***

Se refiere al estudio del perfil de competencias necesario para poder cumplir con las tareas de un puesto de trabajo y su coincidencia con el perfil de competencias de un individuo en particular, permite pronosticar el futuro éxito y desarrollo profesional de dicha persona en una organización y/o puesto de trabajo en particular.

b) ***Formación y desarrollo:***

Es identificar los ‘gaps’ o vacíos existentes entre los requerimientos de competencias del puesto y el perfil de competencias de cada individuo; esto permite crear programas de formación ajustado a las necesidades de cada individuo. Además, permite programar planes de sucesión y planes de carreras dentro de la organización basado en las competencias individuales de los individuos aptos para recibir un ascenso.

c) ***Evaluación del desempeño:***

Es la comparación entre las competencias y los resultados. Esto permite comunicarles a las personas evaluadas cómo deben realizar sus tareas, aparte de qué es lo que deben hacer.

d) ***Compensación:***

Las competencias de cada individuo y los resultados obtenidos, conjuntamente, pueden tomarse como base para incentivar los progresos realizados por los empleados, tanto como para mejorar sus competencias individuales, como impulsarlos a alcanzar objetivos más altos.

e) ***Eficacia:***

Es el grado en que se consigue el objetivo, o también el grado de coincidencia entre el output y el input.

f) ***Eficiencia:***

Es el grado en que se consigue el objetivo al menor coste posible, y también la cantidad de output por unidad de input.

g) ***Planilla:***

En sentido jurídico la planilla equivale al número de trabajadores que hay en la empresa. Popularmente, «estar en planilla» equivale a tener un contrato fijo por tiempo indeterminado. Para la planificación del trabajo, planilla simplemente es

la lista de puestos de trabajo de una empresa, y la cantidad de trabajadores asignado a cada puesto.

h) ***Hora/hombre:***

Unidad de medida equivalente al trabajo de un hombre normal en una hora de trabajo. Se utiliza cuando existen trabajadores a tiempo parcial, y para medir la productividad, o calcular el tiempo perdido por ausentismos o tardanzas, etc.

i) ***Staffing (Dotación):***

A falta de una traducción perfecta del término, la idea del término staffing incluye todas las decisiones relacionadas con la contratación, reasignación de tareas, reestructuración de contenidos de puestos de trabajo, transferencias de empleados de un puesto a otro, promoción, sucesión planificación de planillas, planificación del trabajo y ceses de empleados (despidos), organización, reasignación de puestos de trabajo. Se trata de mover o recolocar internamente a las personas en aquellos puestos cuyo perfil competencial coincida mejor con el perfil de competencias individuales de cada individuo.

a. ***Overstaffing (Sobredotación):***

Exceso de personal para las necesidades de la empresa en un momento dado.

Understaffing (Subdotación):

Insuficiente personal para las necesidades de la empresa en un momento dado.

j) ***Sobredimensionamiento Funcional:***

Es decir, se cuenta con personal de más del que la empresa precisa tener contratado; esto es usado como un ‘seguro’ para cubrir las bajas por enfermedad, accidentes y absentismo en general.

k) ***Habilidad:***

Se define como la capacidad de realizar ciertas tareas de manera adecuada o correcta. Para tener una mejor estructura de análisis, podemos clasificar dos tipos de habilidades: habilidad de tipo jerárquica y de tipo categórica.

a. ***Habilidad Jerárquica:***

Por lo general pueden ser definidas en una escala continua, es decir, de manera práctica; un trabajador con un nivel de habilidad menor (en comparación a otro que posee una escala mayor de habilidad) puede realizar menos tareas o producir menos que un trabajador con más habilidad. Hay diferentes enfoques en los que se centra este tipo de habilidad, los obreros con un nivel de educación mayor o que poseen más experiencia pueden realizar mayor cantidad de tareas, o las pueden realizar mejor, o las pueden realizar más rápido. Cuando se habla de habilidad jerárquica, una persona con poca habilidad puede realizar las mismas tareas que una persona de mayor habilidad, la diferencia se centra en la cantidad de veces que las pueden realizar en un mismo periodo de tiempo.

b. ***Habilidad Categórica:***

Este tipo de habilidad no posee niveles o escalas como en la habilidad jerárquica. Las tareas que puede realizar un trabajador están determinadas por el conjunto de habilidades que posee. Es decir, las habilidades de un trabajador no son mejores o peores que la de otro trabajador, la habilidad X de un trabajador no permite realizar el trabajo de tipo Y, pero si podría realizar trabajos de tipo X.

1.5.3. Programación Lineal (PL)

1.5.3.1. Introducción:

La programación lineal (o también conocida como PL) es una técnica matemática para resolver una amplia clase de problemas de optimización. En esos problemas se requiere maximizar o minimizar una función lineal de n variables reales, sujeta a m restricciones.

Se pueden formular y resolver una gran cantidad de problemas reales con la programación lineal. Entre ellos e incluyen: (Nahmias, 2014)

- ✓ Programación de recursos o de personal.
- ✓ Algunas variedades de problemas de formulación de mezclas, por ejemplo, de alimento para ganado, condimentos alimenticios, helados y fabricación de acero.
- ✓ Control de inventarios, MRP, y planeación de producción.
- ✓ Problemas de rutas, distribución y logística.
- ✓ Problemas de asignación de recursos.

Cuadro 1: Tipos de componentes en programación lineal

Variables de decisión	Reales Enteras Binarias
Restricciones	Sin restricciones Restricciones lineales / no lineales Restricciones continuas / no continuas Restricciones convexas / cóncavas
Función objetivo	Lineal (afín) / no lineal Diferenciable / no diferenciable

Fuente: Elaboración Propia

Explicación de un modelo de programación lineal:

Iniciaremos por suponer que hay n variables de decisión, representadas por $x_1, x_2, \dots, x_n$, sujetas a m restricciones de recursos. Se puede escribir el problema de maximizar la función objetivo sujeta a las restricciones de la siguiente forma:

Maximizar $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$,

sujeta a $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$,

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2,$$

.

.

.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m,$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0.$$

Las constantes $c_1, c_2, \dots, c_n$ se interpretan como los coeficientes de aumento por unidad por cada variable $x_1, x_2, \dots, x_n$. Por otro lado, a_{ij} viene a ser la cantidad del recurso i consumida por una unidad de actividad j ; y b_i es la cantidad disponible del recurso i , para $i = 1, \dots, m$ y $j = 1, \dots, n$. Se requiere que las constantes $b_1, \dots, b_m$ no sean negativas. Este modelado de funciones lineales responde a problemas en los que se desea maximizar la ganancia. Sin embargo, la programación lineal se puede usar para resolver una variedad mucho más amplia de problemas, o incluso combinarse con otros modelos de programación para obtener modelos lineales más complejos; como por ejemplo la unión de la programación lineal con variables que toman valores enteros y/o binarios; dando como resultado la programación lineal mixta de enteros (PLME). (Nahmias, 2014)

1.5.3.2. Definición de términos de uso común

A continuación, se detallará los términos más usados y necesarios para el entendimiento de la programación lineal como lo menciona (Nahmias, 2014)

- a) **Función objetivo.** Es la cantidad que se desea maximizar o minimizar. En el uso cotidiano se suele minimizar el costo o maximizar la ganancia o algún indicador de eficiencia.
- b) **Restricciones.** Cada restricción es una desigualdad o una ecuación lineal; esto es, una combinación de carácter lineal de las variables relacionadas al problema, que viene en conjunto con un operador relacional ($\geq$ o $=$ o $\leq$) al que sigue una constante no negativa.

- c) **Lado derecho.** Constante que sigue al operador relacional en una restricción. Las constantes $b_1, b_2, \dots, b_m$ son los lados derechos en la formulación los cuales rigen los límites y/o el comportamiento de las variables. Se requiere que esas constantes sean números no negativos. Sin embargo, *no* se requiere que las constantes a_{ij} sean no negativas. Esto significa que cualquier restricción puede escribirse con un lado derecho no negativo, multiplicando todo por la constante -1 cuando el lado derecho sea negativo.

$$5x_1 - 3x_2 \leq -9.$$

Si multiplicamos todo por -1, esta restricción se transforma en una restricción apta para ser usada.

$$-5x_1 + 3x_2 \leq 9,$$

- d) **Región factible.** Es el conjunto de valores de las variables de decisión, $x_1, x_2, \dots, x_n$ que satisfacen las restricciones a plenitud. Las restricciones generadas mediante operaciones lineales hacen que la región factible tiene una estructura particular denominada como *polítopo convexa*. En dos dimensiones, una polítopo convexa es un conjunto cuyas fronteras son líneas rectas. Un conjunto convexo se caracteriza por el hecho de que si se eligen dos puntos cualesquiera del conjunto y se unen con una recta; esa recta está totalmente dentro del conjunto; y por la tanto contendrá una de las soluciones, pero no necesariamente la óptima.
- e) **Puntos extremos.** Como consecuencia de la región factible, habrá una cantidad finita de puntos factibles cuya propiedad es que no pueden expresarse como una combinación lineal de cualquier otro conjunto de puntos factibles. Esos puntos se llaman puntos extremos, o puntos de esquina, y desempeñan un papel importante en la programación lineal, expresar el límite de una variable para abarcar todas las restricciones y/o función objetivo por sí misma.
- f) **Solución factible.** Viene a ser un arreglo de determinados valores de las variables de decisión que satisfacen todas las restricciones. Una solución factible también es un punto en la región factible. Puede ser un punto extremo o un punto interior.

- g) ***Solución óptima.*** Es la solución factible que maximiza o minimiza la función objetivo. En algunos casos, la solución óptima puede no ser única. En esos casos habrá una cantidad infinita de soluciones óptimas.

Los términos mencionados en esta parte son cruciales para tener un mejor entendimiento de la programación lineal, de su alcance y sus limitaciones; así como también de todas las posibilidades que ofrece para colaborar con la solución óptima que satisfaga la función objetivo y las restricciones (Chapra & Canale, 2015; Nahmias, 2014)

1.5.3.3. Propiedades de la programación lineal

La programación lineal es una herramienta de decisión muy capaz y potente, ya que se presta para poder modelar gran variedad de problemas reales, los cuales se han formulado y resuelto correctamente. No obstante, para usar bien el método de PL debe tomarse en consideración sus limitaciones. Dos propiedades importantes de los programas lineales son la linealidad y la continuidad. Varios problemas que parecerían poder solucionarse mediante la programación no cumplen con una o ambas de esas propiedades. (Nahmias, 2014)

a) Linealidad

Los problemas de optimización se pueden formular como programas lineales sólo cuando *a)* el objetivo se puede expresar como una función lineal de las variables de decisión y *b)* cuando todas las restricciones se pueden expresar como funciones lineales de las variables de decisión. (Chapra & Canale, 2015)

La linealidad implica que las cantidades cambien en proporciones fijas. Por ejemplo, si cuesta \$11 producir una mochila, debe costar \$22 producir dos, y \$110 producir 10. La linealidad debe ser corroborada en la función objetivo y en las restricciones. En la función objetivo esto significa que la ganancia o el costo por unidad deben ser los mismos, independientemente de la cantidad de unidades. En las restricciones, linealidad significa que la cantidad de cada recurso consumido es igual por unidad, ya sea que se produzcan muchas unidades o una sola. (Chapra & Canale, 2015)

b) Continuidad

Implica que las variables de decisión deben ser continuas, y no tener valores discretos o enteros. La resolución de problemas de programación, en muchos casos solo tiene sentido cuando la solución solo toma valores enteros. Sería un error común pensar que la solución entera óptima es igual a la solución con valores continuos redondeada al entero más próximo, pero lamentablemente, no siempre sucede así. Esto es por qué, el redondeo tal vez origine infactibilidad; esto significa que la solución redondeada puede quedar fuera de la región factible. Además, a pesar de que la solución redondeada sea factible, quizás no sea la óptima. Puede suceder que la solución entera óptima esté en una parte totalmente aparte de la región factible de la solución que la solución redondeada de programación. (Chapra & Canale, 2015)

1.5.4. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimiento es una metodología de medición del estudio y que tiene por objetivo lo siguiente:

“Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronómetro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando su desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas”.(Baca, 2014)

Enseguida luego de lo expresado por el autor es necesario encontrar estos tiempos de ejecución para ello debe realizar una serie de pasos que se muestran a continuación:

Figura N°: Pasos para un estudio de tiempos y movimientos

Fuente: Torres ,2010

Dentro estos seis pasos es necesario conocer las fórmulas que son utilizadas para la elaboración de este y que son mostradas a continuación:

Número de observaciones:

$$n = \left(\frac{SxT}{Kx\bar{X}} \right)$$

Donde:

n: número de observaciones

S: desviación estándar de la muestra

T: distribución t ($n < 30$)

K: error de muestreo

X: media aritmética muestral

Así mismo es necesario conocer como se calcula el tiempo normal , para esto se tiene que considerar una valoración que califica al operario , por el nivel experiencia , velocidad promedio y formación, esta se expresa en %.(Torres, 2010). La ecuación se expresa a continuación:

$$TN = TOx \frac{C}{100}$$

Donde:

TN: tiempo normal calculado a partir del observado

TO: tiempo promedio observado por cada actividad

C: valoración ritmo de trabajo del empleado observado. Escala 75 %-100 %

Finalmente, para calcular el Tiempo Estándar es necesario conocer el tiempo normal y el suplemento:

$$TS = TN * (1 + \%S)$$

Donde:

TS: tiempo estándar calculado a partir del normal

S: suplementos determinados para el tipo y condiciones de trabajo

Cuadro 2: Valoración del empleado

Escala	Descripción del desempeño del individuo
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes e inseguros, operador somnoliento, sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado. Parece lento pero no pierde tiempo voluntariamente
100 (Ritmo estándar)	Trabajador activo y capaz; operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intensos sin probabilidad de durar así por periodos largos de tiempo

Fuente: Norma Británica

Cuadro 3: Suplementos o Tolerancias de la OIT

A. Tolerancias constantes:		Añadir %		
1)	Tolerancia por necesidades personales	5		
2)	Tolerancia básica por fatiga	4		
B. Tolerancias variables:				
1)	Tolerancia por ejecutar el trabajo de pie	2		
2)	Tolerancia por posiciones anormales en el trabajo:			
a)	Ligeramente molesta	0		
b)	Molesta (cuerpo encorvado)	2		
c)	Muy molesta (acostado, extendido)	7		
3)	Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar), determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):			
a)	2.5 kg/5 lb	0		
b)	5/10	1		
c)	7.5/15	2		
d)	10/20	3		
e)	12.5/25	4		
f)	15/30	5		
g)	17.5/35	7		
h)	20/40	9		
i)	22.5/45	11		
	j)	25/50	13	
	k)	30/60	17	
	l)	35/70	22	
4)	Alumbrado deficiente:			
a)	Ligeramente inferior a lo recomendado	0		
b)	Muy inferior	2		
c)	Sumamente inadecuado	5		
5)	Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables.		0-10	
6)	Atención estricta:			
a)	Trabajo moderadamente fino	0		
b)	Trabajo fino o de gran cuidado	2		
c)	Trabajo muy fino o muy exacto	5		
7)	Nivel de ruido:			
a)	Continuo	0		
b)	Intermitente-fuerte	2		
c)	Intermitente-muy fuerte	5		
d)	De alto volumen-fuerte	5		
8)	Esfuerzo mental:			
a)	Proceso moderadamente complicado	1		
b)	Complicado o que requiere amplia atención	4		
c)	Muy complicado	8		
9)	Monotonía:			
a)	Escasa	0		
b)	Moderada	1		
c)	Excesiva	4		

Fuente: OIT 2010

1.5.5. Pronóstico de la Demanda

Los pronósticos son muy importantes en una organización, ya que depende de ellos, la toma de decisiones de una gerencia. Estos son la base de la planificación a largo plazo,

de la asignación y programación adecuada de los recursos, ya sea en personal, ventas, presupuestos y control de gastos.(Chase, Richard, 2014)

1.5.5.1. Tipos de Pronósticos

Los pronósticos se pueden dividir en cuatro métodos básicos: Cualitativos, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación(Chase, 2014). En esta oportunidad se analizará solo las series de tiempo, por ser el pertinente para nuestro proyecto de mejora.

El análisis de series de tiempo consiste en utilizar información histórica como base para predecir la demanda futura esta suele presentar varios factores como de tendencias, cíclicos ,estacionarios, y estacionales.(Chase, 2014). Dentro de los diversos métodos que existen profundizaremos en uno específico y que se presenta seguidamente:

1.5.5.2 Descomposición de una serie de tiempo con factor estacional

En este apartado se explicará la descomposición para ello nos apoyaremos en lo que sostiene el autor Chase:

La descomposición de una serie de tiempo significa identificar y separar los datos de la serie de tiempo en estos componentes. En la práctica, es relativamente fácil identificar la tendencia (...) y el componente estacional (al comparar el mismo periodo año tras año).(Chase, 2014, p.492)

En este sentido, el autor sugiere que identificar los datos a descomponer es sencillo solo es necesario identificar la tendencia y estacionalidad. Seguidamente el método de descomposición se divide en dos tipos que se explican a continuación y serán utilizados más adelante en la investigación:

Variación estacional aditiva La variación estacional aditiva simplemente supone que la cantidad estacional es una constante sin importar la tendencia ni la cantidad promedio. Pronóstico que incluye tendencia y estacional = Tendencia + Estacional
Variación estacional multiplicativa En la variación estacional multiplicativa, la tendencia se multiplica por los factores estacionales. Pronóstico que incluye tendencia y estacional = Tendencia × Factor estacional.(Chase, Richards Jacobs, 2014, p. 492)

Figura 3: Tipo de descomposición: aditiva y multiplicativa

Fuente: Chase ,2014

Factor o Índice Estacional:

El factor o índice estacional es aquel ajuste que debe hacer a una serie de tiempo para adecuarse a una estación del año.

Se entiende por ajuste estacional como algún suceso en particular que ocurre recurrentemente en los periodos anuales.(Chase, 2014) Esto se podrían ejemplificar con el calendario anual, en nuestro caso en específico, en los meses de mayo, por el día de la madre, junio, por el día del padre, julio por las fiestas patrias y diciembre por navidad.

Para ello se deberá utilizar la siguiente fórmula.

Identificar el índice de estacionalidad.

$$IE = \frac{\sum \frac{Y_i}{D_{prom}}}{n}$$

Desestacionalizar la demanda real:

$$Y_{desest} = \frac{Y_{real}}{IE}$$

1.5.6. Marco legal en el Perú: Horarios de trabajo

1.5.6.1. Jornada laboral:

En el Perú, según el marco legal que indica la constitución política, la jornada máxima permitida es de ocho horas diarias o cuarenta y ocho horas semanales. Esta jornada se entiende que está comprendida en un espacio de siete días. (SUNAFIL, 2016b).

Sin embargo, el empleador puede decidir en acuerdo con el trabajador o de manera unilateral, establecer una jornada laboral menor a la exigida por ley.

La jornada laboral se define como el tiempo en que el trabajador se encuentra a disponibilidad del empleador debido al contrato celebrado por las partes, El horario de trabajo se determina como la hora exacta de ingreso y salida.(SUNAFIL, 2016b)

Marco Legal:

Las leyes que regular la jornada laboral en el Perú son las siguientes:

Artículo N.º 1 del Decreto Supremo N.º 007-2002-TR.

Artículo N.º 24 de la Constitución Política del Perú.

Decreto Legislativo N.º 854 (01.10.1996), modificado por la Ley N.º 27671 (21.02.2002)

Texto Único Ordenado de la Ley de Jornada de Trabajo, Decreto Supremo N.º 007-2002-TR (04.07.2002) y su Reglamento el Decreto Supremo N.º 008-2002-TR.

1.5.6.2. Refrigerio

Se define por ley como horario de refrigerio, al tiempo en que el trabajador descansa dentro de su jornada laboral. Durante este tiempo, el trabajador realiza la ingesta de desayuno, almuerzo o cena, según sea el caso.

Se indica también, que cuando el largo de la jornada laboral es de corrido, este tiempo no puede ser menor a cuarenta y cinco minutos. Cabe recalcar que el horario de refrigerio no forma parte de la jornada normal del trabajador.(SUNAFIL, 2016b)

Marco Legal:

Artículo N.º 7 del Decreto Supremo N.º 007-2002-TR

1.5.6.3. Descanso Remunerados.

Descanso semanal obligatorio: Los trabajadores tienen el derecho de no laborar 1 o más días en la semana como resarcimiento por los días trabajados. Este descanso semanal remunerador debe ser como mínimo de veinticuatro horas (24), el cual debe ser de preferencia el domingo.(SUNAFIL, 2016a)

Marco Legal

Decreto Legislativo. N°713(1991): Explica la legislación sobre descansos remunerados de los trabajadores sujetos al régimen privado

1.6. ESTADO DEL ARTE

La bibliografía muestra un amplio rango de investigaciones en torno a problemas de asignación de personal (personnel Scheduling o staff scheduling), donde involucran diferentes métodos y áreas de aplicación. En el área de servicios, las industrias más recurrentes o presentes en la literatura de investigación son:(Alfares, 2004; Ernst et al., 2004; Henao, Munoz, & Ferrer, 2015)

- ✓ Transportes
- ✓ Cuidado de la salud
- ✓ Call centers
- ✓ Retail

Los problemas de asignación de personal en las industrias mencionadas anteriormente, por lo general comparten una realidad similar, y, por lo tanto, en general el mismo grupo de restricciones: (Henao et al., 2015)

- Contratos de trabajo: Se revisa si es personal a tiempo completo, a tiempo parcial, o por campaña. La cantidad máxima y mínima de días laborables por semana, días libres, turnos, etc.
- Restricciones legales: máxima cantidad de horas laborables al día, o máxima cantidad de días laborables por semana.
- Restricciones de política de la empresa: Duración y cantidad de turnos

- Preferencias de los trabajadores: preferencia por ciertos turnos, o por ciertos días de la semana, o hasta por cierto local o área de trabajo.

Para el caso de la industria de Cuidado de la Salud, la mayoría de los textos de investigación se han centrado en programación de personal de enfermeras. En este caso, los horarios deben proveer adecuadamente enfermeras calificadas para cubrir la demanda esperada de pacientes en un momento dado.

Para el caso de la industria retail y de call center, la de demanda no solo varia de manera notoria durante el transcurso de la semana, sino que también lo hace durante cada hora del día. La hora en la que empiezan los turnos y la duración de estos tiene que variar para así poder reducir el desajuste entre capacidad laboral y la demanda.

Finalmente, podemos concluir que la estructura de problemas de asignación de personal y turnos en la industria retail, call center y salud es similar, salvo marcadas diferencias en la estructura de costos. (Henao et al., 2015)

1.6.1. Casos de Éxito

1.6.1.1. Problemas de asignación de personal aplicado a un personal integrado de enfermería

1.6.1.1.1. Descripción del problema

Este caso de éxito desarrolla la gestión efectiva de la asignación y programación de turnos del personal de enfermería, en una situación real de un hospital en Bélgica. El autor explica la importancia de la gestión eficiente de la asignación y programación de turnos de las enfermeras, ya que comprenden la mayor parte de los costos operativos del hospital y de la calidad de servicio que se brinda en el mismo. (Louly et al., 2013)

1.6.1.1.2. Propuesta del autor

El autor elige para la propuesta de solución del problema un modelo de programación lineal entera que ayude a asignar y programar a las enfermeras a diferentes departamentos, considerando restricciones y competencia específicas de las mismas.

1.6.1.1.3. Diseño de la propuesta

El problema minimiza las penalidades de los costos asociados con los turnos de las enfermeras regulares, las adicionales y las temporales, las veces que existe subdotación y sobredotación de enfermeras y la cantidad de veces que se asigna una enfermera a un turno. Además, sostiene cuantas enfermeras deberían ser requeridas y con qué competencia específica por departamento, en que turno y en qué día específico.(Louly, 2013)

El problema de programación lineal es resuelto mediante el software LINDO.

1.6.1.1.4. Resultados y conclusiones

El autor luego de obtener los resultados realiza una evaluación de tres indicadores para observar los beneficios de su modelo: Eficiencia, efectividad y satisfacción del personal. Con respecto a la eficiencia se refiere a la minimización del gasto de recursos humanos del personal de enfermería, el personal temporal y las horas extras. Este consiguió una eficiencia de 83.22% versus el 7.94% de la situación actual.

Así mismo la efectividad que consiste en el trabajo de más de 40 horas semanales, número de días consecutivos de descanso, y cambios de turnos, aumento a 40.77% con respecto a la situación inicial de 3.71%.

Por último, con respecto a la satisfacción de personal que implica al clima laboral, y a la salud de las enfermeras que trabajan sobre tiempo. Aquí se mejoró de 31.61% a 74.38%.(Louly, 2013)

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO

En este capítulo se realizará el diagnóstico del proyecto de investigación aplicada, esto nos ayudará a analizar la situación problemática, el análisis de las causas raíz hasta las posibles propuestas de solución que se desarrollarán y validarán en los posteriores capítulos. El diagnóstico se apoyará de herramientas analíticas de mejora continua como diagramas de paretos, diagramas de Ishikawa, matrices de selección, entre otras herramientas de la ingeniería industrial.

2.1. DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En esta etapa inicial se realizará el análisis de la situación actual y el diagnóstico del problema, así como la identificación de los elementos que lo componen y las posibles causas que lo originan. Para poder realizar lo mencionado, se analizará la data de los indicadores más importantes de la compañía con el fin de poder identificar objetivamente el problema.

2.1.1. Antecedentes de la realidad problemática

En la actualidad, en las tiendas por departamentos donde se realizará el estudio cuenta con 30 sucursales repartidas a lo largo de todo el Perú, concentrando 18 de ellas en Lima y el resto en provincia.

Del mismo modo, la compañía posee una fuerza de venta de 6,250 colaboradores de los cuales el 81% se componen de posiciones que tienen contacto directo con el cliente, como lo son los cajeros, los asistentes de ventas, los vendedores y los asesores. A dichas posiciones se les denomina el Front Office de la compañía

Al mismo tiempo, en el último año ha existido una gran preocupación por parte de la gerencia general acerca de los “**indicadores de satisfacción de cliente**”, ya que estos son muy bajos y afectan directamente al servicio que se ofrece a cada uno de sus clientes y que se relacionan directamente con la misión de la compañía, que se expresa en el siguiente enunciado:

” Trabajamos para cumplir los sueños de la gente. Brindamos a nuestros clientes el acceso a lo mejor de 5 continentes, logrando que su experiencia de compra sea realmente fascinante.” (Compañía,2018)

En concordancia con lo que se expresa, podemos decir que el proceso en que debemos tomar suma atención es el de proceso de venta y todo lo que este implica, debido a que se relaciona directamente con la experiencia de compra y la satisfacción de los clientes.

Para esto, se analizará información correspondiente a estos frentes para encontrar el problema y posterior propuesta de solución.

En primer lugar, se realizará un diagrama SIPOC para comprender el proceso de venta, conocer las principales entradas, salidas y recursos que los componen, así como los principales indicadores que controlan y miden el proceso.

Luego, se recolectará la información del reporte de calidad de servicio del último año de los periodos de agosto 2017 a mayo 2018, esto con el fin de identificar donde se concentra la mayor insatisfacción del cliente.

Del cual se extraerá la siguiente información a nivel compañía:

- % Índice de satisfacción neta de seguridad.
- % Índice de satisfacción neta de personal de ventas.
- % Índice de satisfacción neta de cajas.
- % Índice de satisfacción neta de producto.
- % Índice de satisfacción neta de probadores.

Con el análisis de esta información, se determinará los principales problemas de la compañía, así como sus respectivas causas raíz, para lo cual se utilizarán diferentes herramientas de calidad como la lluvia de ideas, diagramas de paretos, diagramas de Ishikawa, matrices de selección entre otros.

2.1.1.1. Paso 1.1 Descripción y caracterización del proceso de venta

Figura 4: SIPOC del proceso de venta

Fuente: Elaboración propia

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 Problema principal

Para identificar el problema principal nos apoyaremos de herramientas como lo es la técnica de lluvia de ideas o brainstorming, esta técnica nos permite recolectar todos los problemas y oportunidades de mejoras sobre un proceso específico en una organización, este consta de 3 pasos y los cuales se desarrollarán a continuación:

2.2.1.2 Generación

En esta etapa se realiza la lluvia de ideas de los problemas que afectan el proceso de venta y que se relacionan directamente con la experiencia del cliente:

- 1 • No hay la suficiente cantidad de cajas para la afluencia de clientes.
- 2 • No se encuentra asesores de venta disponibles para la atención al cliente.
- 3 • Hay muchas colas al momento de realizar el pago en caja.
- 4 • Hay inseguridad por robos dentro de las tiendas.
- 5 • No hay variedad en los productos.
- 6 • Incumplimiento del horario de trabajo.
- 7 • Personal sindicalizado ,resistente al cambio.
- 8 • Los probadores tienen mucha colas.

2.2.1.2 Clarificación

En la etapa de clarificación se procede a eliminar los problemas que no pueden ser cuantificables, y que implican un gran cambio organizacional, luego de eso tenemos los siguientes problemas restantes:

- 1 • No se encuentra asesores de venta disponibles para la atención al cliente.
- 2 • Hay muchas colas al momento de realizar el pago en caja.
- 3 • Hay inseguridad por robos dentro de las tiendas.
- 4 • No hay variedad en los productos.
- 5 • Los probadores tienen mucha colas.

2.2.1.3 Evaluación

Para la última etapa de la lluvia de ideas se llevará a cabo la evaluación de la información relacionada a estos problemas, para lo cual se analizará el reporte de calidad de servicio del periodo 2017-2018.

Este reporte se elabora en base a encuestas telefónicas para conocer la opinión acerca de los servicios y productos de la tienda por departamento en estudio. Para esto, se les pregunta en una escala de 1 al 7, esto con el propósito de conocer el indicador de satisfacción neta (ISN) y que muestra a continuación:

Indicador de Satisfacción Neta - ISN

Escala para la medición del índice de satisfacción neta

Figura 5: Indicador de Satisfacción Neta

Fuente: Compañía 2018

Así mismo, se realiza una encuesta telefónica a tarjeta habientes sobre su experiencia de compra en las tiendas por departamento y que se presenta en la siguiente encuesta:

Figura 6: Encuesta de Satisfacción del Cliente

Speech de encuesta:

En una escala del 0 al 10, siendo 0 definitivamente no lo recomendaría y 10 definitivamente lo recomendaría:

P1. ¿Recomendaría la tienda xxx a algún familiar, amigo o colega?

En la misma escala, del 1 al 7, siendo 1 muy insatisfecho y 7 muy satisfecho, cuánto calificaría las siguientes experiencias:

En relación con los asesores de venta del área XXXXXXXX

P2. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la facilidad de encontrar un asesor?

P3. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la amabilidad y disposición de ayuda de nuestros asesores de venta?

¿Por qué? _____

En relación a su experiencia al pagar el producto en las Cajas

P4. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con el tiempo de espera para que lo atiendan en caja?

P5. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la amabilidad de nuestros cajeros?

¿Por qué? _____

En relación con el personal de seguridad

P6. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con el servicio brindado?

En relación a nuestros productos

P7. En una escala del 1 al 7, ¿Qué tan satisfecho se encuentra con los productos que vendemos en xxxx?

¿Por qué? _____

En relación a nuestros probadores

P8. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con nuestros probadores?

¿Por qué? _____

Para terminar, en una del 1 al 7, siendo 1 muy insatisfecho y 7 muy satisfecho:

P9. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con su experiencia al comprar en la tienda xxxx?

¿Por qué? _____

Fuente: Compañía 2018

Luego de realizar estas encuestas se obtienen los siguientes resultados importantes para nuestra investigación. En primer lugar, revisaremos los índices de satisfacción del cliente, de las diferentes dimensiones de la encuesta, de setiembre del 2017 a julio del 2018:

Figura 7: Indicador de satisfacción del cliente: Personal de ventas

Fuente: Elaboración propia

En esta figura, podemos observar que el índice de satisfacción neta del cliente está por debajo de la meta a nivel corporativo de 85% y no ha sobrepasado la meta en los 11 meses de análisis del estudio, por lo que a primera vista se observa una gran oportunidad de mejora.

Figura 8: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Cajas

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en este gráfico se observa que el índice de satisfacción del cliente en cajas está muy por debajo de la meta a nivel corporación de 85%, por lo que representa el frente de mayor atención, incluso más que el indicador de personal de ventas.

Figura 9: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Seguridad

Fuente: Elaboración propia

En este gráfico, los indicadores de satisfacción seguridad está muy cerca de la meta, por lo que actualmente los clientes se encuentran muy satisfechos con la seguridad de las tiendas por departamento.

Figura 10: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Producto

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a este indicador de satisfacción del Producto, se puede inferir que el mix de productos es adecuado, manteniéndose constantes y ligeramente por debajo en el intervalo del estudio, sin embargo, no se ha llegado al objetivo nivel compañía.

Figura 11: Indicador de cliente satisfacción del cliente: Probadores

Fuente: Elaboración propia

En el frente del indicador de satisfacción de probadores, podemos observar inicialmente que se tienen niveles muy por debajo de la meta, por lo que los clientes no están satisfechos con el servicio que se dan en estos.

Luego de revisar las evidencias anteriores procederemos a realizar un análisis más exhaustivo acerca de los clientes insatisfechos, para poder conocer así el problema principal, para eso utilizaremos data de setiembre 2017 hasta abril 2017, no se considera para este análisis, los meses de mayo, junio y julio, por ser meses campaña mamá, papá y mundial respectivamente, ya que puede presentar distorsiones y particularidades.

Cuadro 4: Cantidad de clientes insatisfechos setiembre 2017 a abril 2017

Mes	PERSONAL DE VENTA	CAJAS	SEGURIDAD	PRODUCTO	PROBADORES
SEPTIEMBRE	1,167	1,992	287	109	119
OCTUBRE	1,310	1,447	211	305	74
NOVIEMBRE	987	1,287	179	251	76
DICIEMBRE	1,526	2,494	239	380	192
ENERO	938	1,337	149	265	96
FEBRERO	1,038	1,244	216	326	103
MARZO	1,012	1,443	204	407	101
ABRIL	781	1,068	148	360	83
TOTAL	8,759	12,312	1,633	2,403	844

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizará un diagrama de Pareto para conocer cuál es el problema que genera mayor impacto en la compañía en estudio:

Cuadro 5: Análisis acumulado de clientes insatisfechos: set 2017 hasta abril 2018

Dimensión	N° Insatisfechos	%	% acumulado
CAJAS	12,312	47.4%	47.4%
PERSONAL DE VENTA	8,759	33.8%	81.2%
PROBADORES	844	3.3%	84.4%
PRODUCTO	2,403	9.3%	93.7%
SEGURIDAD	1,633	6.3%	100.0%
Total general	25,951	100.0%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Diagrama de Pareto de clientes insatisfechos

Fuente : Elaboración propia

Definitivamente en el gráfico anterior podemos concluir que las dimensiones en que debemos concentrarnos para resolver el 81.2% de nuestros problemas son **“Cajas”** y **“Personal de ventas”**. Esta identificación nos ayudará a encontrar el problema principal y sus respectivas causas raíz.

En este sentido se comprende, que debemos realizar un análisis por estratos, sobre estas dos dimensiones y lo que las componen, para lo cual se presentan la siguiente información:

Con respecto a estas dos dimensiones se realizan las siguientes subpreguntas a los clientes:

Personal de ventas

- ❖ Disponibilidad para encontrar a un asesor de ventas.
- ❖ Amabilidad y disposición de ayuda del asesor.

Cajas

- ❖ Tiempo de espera para realizar el pago en la caja.
- ❖ Amabilidad del cajero que lo atendió.

Conociendo esto, se recoge la siguiente información de satisfacción del cliente de septiembre 2017 hasta abril 2018:

Cuadro 6: Clientes insatisfechos por subestratos 2017-2018

Mes	Personal de Ventas		Cajas	
	Disponibilidad	Amabilidad	Tiempo de Espera	Amabilidad
SEPTIEMBRE	788	379	1,428	564
OCTUBRE	931	379	1,041	406
NOVIEMBRE	728	259	940	347
DICIEMBRE	1,096	430	1,901	593
ENERO	729	209	982	355
FEBRERO	713	325	875	369
MARZO	731	281	1,070	373
ABRIL	570	211	787	281

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Pareto de segundo nivel de clientes insatisfechos por subestratos

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar, los paretos de primer y segundo nivel en base a la data analizada del reporte de calidad y servicio se plantea entonces los dos problemas principales:

1. **Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja.**
2. **Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta.**

2.3. IMPACTOS ECONÓMICOS DEL PROBLEMA

Sobre nuestro problema baja que es la “**Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja.**”, podemos concluir el siguiente impacto económico:

Cuadro 7: Impacto de económico del problema

Se asume la siguiente cantidad de Deserciones que se "salvan", por día por Pool de Caja							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Deserciones salvadas por Pool por día (compras adicionales)	2	2	2	2	4	4	4
Total Pool Cajas (30 tiendas)	240	240	240	240	240	240	240
Total compras adicionales por Pool por día (30 tiendas)	480	480	480	480	960	960	960
Compras Adicionales Semana	4,800						
Compras Adicionales Mes	19,200						
Compras Adicionales Año	230,400						
Ticket Promedio (S/.) (SIN DECO Y ELETRO)	S/. 100	S/. 100	S/. 100	S/. 100	S/. 100	S/. 100	S/. 100
Total Venta (S/.)	S/. 48,000	S/. 48,000	S/. 48,000	S/. 48,000	S/. 96,000	S/. 96,000	S/. 96,000
Total Venta Semanal (S/.)	S/. 480,000						
Total Venta Mensual (S/.)	S/. 1,920,000						
Total Venta Anual (S/.)	S/. 23,040,000						

Fuente: Compañía 2018

Según el cuadro anterior se ha estimado una recuperación de clientes (deserción en cola por alto periodo de espera), de 2 y 4 por día por pool, durante día de semana y fin de semana respectivamente. El % de conversión incremental esperada es de 0.41%, equivalente a S/. 23M anuales. Esto es lo que está dejando de perder la organización por tener tiempos de espera en la caja prolongados.

Además de este impacto y también se puede obtener los siguientes efectos:

- La deserción de clientes en cola.
- Aumento de quejas por colas muy largas.
- Se puede generar horas extras para atender la gran cantidad de clientes en colas.

2.4 ANÁLISIS DE CAUSA EFECTO

Como resultado del estudio anterior, donde se identificaron los dos tipos de problemas más importantes de la compañía. Se realizará a continuación, un análisis de causa-efecto, que nos permita identificar las causas raíces del problema, para ello utilizaremos la herramienta de Diagrama de Ishikawa, con el cual realizaremos una tormenta de ideas, colocándolas en 4 clasificaciones o frentes: Materiales, método, entorno y mano de obra. Enseguida se presenta los diagramas de Ishikawa de los dos problemas respectivos:

Figura 14: Diagrama de Ishikawa: Problema 1

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Diagrama de Ishikawa: Problema 2

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Análisis de criticidad de causas raíz

Con el fin de realizar el análisis de criticidad e identificar las causas raíz principales, es necesario diferenciarlas. Para ello definiremos dos cualidades intrínsecas de las causas raíz. Una de ellas es la frecuencia que se refiere a cuantas veces las causas raíz, afectan el problema y la segunda se refiere al impacto ya sea económico, social, técnico entre otros, y que se despliega sobre el problema principal

Se considera las siguientes escalas para el análisis de criticidad de causas raíz involucradas:

Frecuencia		Impacto	
Muy frecuente	5	Muy alto impacto	12
Frecuente	3	Alto impacto	9
Poco frecuente	1	Impacto medio	3
		Bajo impacto	1

Cuadro 8: Análisis de criticidad de causas raíz: Problema 1

Causas	Efecto(F*I)	%	% acumulado	Pareto
Cajeros incumplen el horario de trabajo	60	14.2%	14%	80%
Colas largas al momento de pago en la caja	60	14.2%	28%	80%
Sobredotación de cajeros en horas pico	60	14.2%	43%	80%
Subdotación de cajeros en horas valle	60	14.2%	57%	80%
Mala asignación de horarios de cajeros	60	14.2%	71%	80%
Módulos de cajas insuficientes	60	14.2%	85%	80%
Paradas del proceso de pago por diferencia de precios	36	8.5%	94%	80%
Cajeros poco capacitados en el sistema de cajas	15	3.6%	97%	80%
Pasos innecesarios en el proceso de pago	5	1.2%	99%	80%
Sistema de pago lento	3	0.7%	99%	80%
Zona de caja mal ubicadas	3	0.7%	100%	80%
Total general	422	100%		

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Paretos de criticidad de causas raíces: Problema 1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9: Análisis de criticidad de causas raíz del problema 2

Causas	Efecto(F*I)	%	% acumulado	Pareto
Métodos de trabajo no estandarizados	60	17.4%	17%	80%
Mala asignación de horarios de asistentes de venta	60	17.4%	35%	80%
Sobredotación de asistentes de ventas en hora valle	60	17.4%	52%	80%
Subdotación de asistente de ventas en horas pico	60	17.4%	70%	80%
Asistentes de venta incumplen el horario de trabajo.	60	17.4%	87%	80%
Asistentes de venta poco entrenados en servicio	27	7.8%	95%	80%
Excesivo tráfico de clientes por ubicación de la tienda.	9	2.6%	97%	80%
Exceso de mercadería para ordenar	3	0.9%	98%	80%
Mercadería muy desordenada	3	0.9%	99%	80%
Falta de scanners de impresión de precios	3	0.9%	100%	80%
Total general	345	100%		

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Pareto de criticidad de causas raíz: Problema 2

Fuente: Elaboración propia

En resumen, considerando los paretos, podemos determinar que los problemas tienen las siguientes causas raíz:

1. Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja.

- Cajeros incumplen el horario de trabajo.
- Colas largas al momento de pago en la caja.
- Sobredotación de cajeros en horas pico.
- Subdotación de cajeros en horas valle.
- No se planifica la distribución de horarios de cajeros.

2. Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta.

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Mala asignación de horarios de asistentes de venta por división.
- Sobredotación de asistentes de ventas en hora valle.
- Subdotación de asistente de ventas en horas pico.

Por ende, luego de identificar las causas raíz de los respectivos problemas se procederá a realizar el análisis de las causas raíz con los tres porqués:

2.3.2 Análisis de los tres porqués de causas raíz:

Cuadro 10: Análisis de las causas raíces mediante el método de los 3 porqués

Problemas	Causa Raíces	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja.	Cajeros incumplen el horario de trabajo	Falta de control por parte de RRHH	Los horarios son variables , por lo que no pueden hacer seguimientos a todos los diferentes horarios	No existen un sistema que estandarize horarios
	Colas largas al momento de pago en caja	Mala distribución de cajeros en el piso de venta	No se planifica la distribución de cajeros	El Jefe lo distribuye según su experiencia
	Sobredotación de cajeros en horas pico	No se distribuye según la demanda de transacciones	No se cuenta con información de transacciones de venta para la planificación de horarios	No existe acceso a esa información del sistema
	Subdotación de cajeros en horas valle	No se distribuye según la demanda de transacciones	No se cuenta con información de transacciones de venta para la planificación de horarios	No existe acceso a esa información del sistema
Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta	Mala asignación de horarios de cajeros	Los horarios se asigna manualmente	Los horarios son personalizados	No hay un sistema que indique la cantidad de cajeros por rango de hora.
	Métodos de trabajo no estandarizados	No hay procedimientos establecidos	No se ha realizado un del impacto de la carga de trabajo y tiempos de los asistentes de ventas	No se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos para calcular la carga de trabajo
	Mala asignación de horarios de asistentes de venta	No hay un metodo establecido para asignar asistentes de venta por división	No se ha establecido los tiempos estandares de carga de trabajo por división	No se ha realizado un metodo de asignación de asistentes de ventan que mejore la productividad de los mismos.
	Sobredotación de asistentes de ventas en hora valle	No se distribuye según la unidades vendidas	No se cuenta con información de unidades vendidas para la planificación de horarios	No existe acceso a esa información del sistema
	Subdotación de asistente de ventas en horas pico	No se distribuye según la unidades vendidas	No se cuenta con información de unidades vendidas para la planificación de horarios	No existe acceso a esa información del sistema

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar este análisis se realizarán las siguientes acciones:

Con respecto al problema 1:

Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja y según la bibliografía revisada capítulo uno se elegirá una propuesta “**de programación lineal de entera mixta**” que minimice los costos asociados a la mano de obra de cajeros y a la vez asegurando una dotación que brinden un correcto nivel de servicio, esto resolviendo las causas raíces identificadas.

Con relación al problema 2:

Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta, se realizará un “estudio de tiempos y movimientos” de las actividades del asistente de venta con el fin de brindar la dotación ideal por división, estandarizar las actividades y así mejorar los niveles de disponibilidad y atención.

2.5 ELECCIÓN DE SUCURSAL A ELEGIR

En primer lugar, se deberá elegir la sucursal de la compañía a estudiar y en donde se trabajará el proyecto de investigación aplicada. Para ello se elegirá sucursales donde:

- 1) % Satisfacción del tiempo de espera sea bajo, esto se verifica mediante los gráficos presentados en base a encuestas telefónicas realizadas semanalmente por una consultora a los clientes
- 2) % Conversión bajo, este indicador lo proporciona una consultora de inteligencia de negocios que coloca sensores de medición de tráfico de clientes en las puertas de las sucursales, se explica cómo % del total de visitantes que realizan compras en tienda.

$$\% \text{Conversión} = \frac{\text{Tickets de venta}}{\text{Tráfico}}$$

- 3) Potencial de Ventas alto, se define como la cantidad (en S/.) de ingresos que se podrían percibir a través de los no compradores.

$$\text{Potencial de ventas} : \text{Ticket Promedio} * \text{No compradores}$$

$$\text{Ticket Prom} : \frac{\text{Venta S/}}{\text{Cant Tickets}}$$

Para estos se realizará un gráfico de burbujas de las tiendas y se determinará la más crítica para y pertinente para el estudio:

Figura 18: Conversión vs Tiempo de espera en la Caja vs Potencial de ventas

Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico de anterior, se eligió la sucursal del Santa Anita, ya que tiene el porcentaje de satisfacción de tiempo espera más bajo de toda la compañía 8.0% en promedio, sobre una meta corporativa de 85% a nivel corporativo en Perú y Chile, así como la conversión 15.7% teniendo como media del mercado de los retail entre 25% y 30%.

2.3.1 Descripción de la situación actual y los datos transaccionales de la sucursal elegida:

- Esta sucursal escogida se encuentra en la Carretera Central 167 en el centro comercial Mall Aventura Plaza en el distrito de Santa Anita, en el departamento de Lima.
- Posee un área de 9,546 m² y tiene pertenece al Clúster B, es decir sucursales que vende entre 6 y 10 MM de soles.
- Tiene un promedio de ventas mensuales de 6.7 MM de soles y promedio de 40,000 transacciones promedio mes.
- Esta tienda está ubicada en una zona estratégica, ya que recibe mucha afluencia de la carretera central y del puente San Anita.

Figura 19: Local Santa Anita

Fuente: Google Maps

Figura 20: Ubicación Local Santa Anita

Fuente: Google Maps

Luego de determinar que la tienda elegida es el local de Santa Anita y haber identificado que el problema principal es la satisfacción del tiempo de espera en caja, es necesario realizar el estudio de las transacciones y horas hombre programadas.

2.3.2 Estudio de la demanda de transacciones

En primer lugar, se estudiará el comportamiento de las transacciones de la sucursal de Santa Anita, esta información fue brindada por el área de sistemas de todo el periodo 2017, que presentamos a continuación:

Figura 21: Comportamiento de transacciones por día

Fuente: Elaboración propia

En este primer gráfico podemos observar el comportamiento y proporción de las transacciones de venta de la Tienda Santa Anita, de lunes a jueves el comportamiento es casi similar con pequeñas fluctuaciones, empezando a aumentar desde el viernes y siendo el pico más alto el sábado seguido del domingo.

Figura 22 : Comportamiento de transacciones por día

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico, podemos observar que la distribución de horas hombres programadas no es uniforme y no va de acorde a la demanda de tickets de venta (transacciones), lo cual evidencia una clara falta de gestión en la programación horaria por parte del área de RRHH y Operaciones. Lo ideal es que tanto las proporciones de horas hombres como los tickets de venta se acerquen lo más posible, para así minimizar los escenarios de sobredotación (exceso de cajeros) o subdotación (escasez de cajeros).

CAPÍTULO 3: PROPUESTA

A continuación, en este capítulo se desarrollará la propuesta elegida en base a la revisión bibliográfica de los artículos científicos, que se presentaron en el capítulo I. Así como los problemas y causas raíces respectivas encontradas en el capítulo 2, se decidió realizar una propuesta integral y completa que elimine y mitigue las causas raíces de los problemas encontrados en la investigación, esto con el fin de minimizar el gasto de recursos humanos, el impacto negativo de la reputación de la compañía, el deterioro de la calidad del nivel de servicio y que al mismo tiempo se traduce en el aumento de los ingresos y productividad de la compañía.

Las propuestas elegidas serán abordadas bajo la metodología PHVA (ciclo de mejora continua), esto con apoyo de herramientas de la gestión por procesos y donde se desarrollarán en primer lugar un modelo de programación lineal entera en base a las transacciones históricas de la tienda Santa Anita, así como los tiempos de atención de las operaciones en la caja. Para ello, en primer lugar, se realizará un análisis descriptivo y exploratorio de las transacciones, donde se utilizarán herramientas como el ANOVA de 1 factor (análisis de varianza), donde se estudiará si las medias son diferentes entre subgrupos de otras variables, esto para conocer si las transacciones por meses varían tanto a nivel mes, semana y día. Con esto se podrá definir trabajar el modelo de programación lineal entera para un solo grupo de meses y semanas. Enseguida, se trabajará un pronóstico de la demanda mediante series tiempo utilizando el método de descomposición aditiva, esto debido a que las transacciones tienen un comportamiento estacional, esto para lograr determinar la demanda futura en donde basaremos el modelo de programación lineal entera. De esta manera, se determinará la cantidad de cajeros y carga de trabajo por rango de hora, así como los posibles horarios de cajeros

Algo semejante ocurre con el estudio de tiempos y movimientos, para ello se realizará un estudio de las actividades del asistente con sus respectivos tiempos normales y respectivas valoraciones y suplementos con el fin de encontrar los tiempos estándares, luego a partir de las unidades vendidas se calculará la necesidad en horas mes, teniendo como resultado la cantidad por división, lo que resuelve nuestro problema y sus respectivas causas raíz.

3.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

A continuación, se presentará el desarrollo de la metodología PHVA ciclo de mejora dentro del marco de los problemas identificados en el capítulo y los modelos propuestos: Programación Lineal Entera y Estudio de tiempos, estos se dividen en los Planear, Hacer, Verificar, Actuar.

Figura 23: Metodología de la Propuesta de solución

Fuente : Elaboración propia

3.1.1 Planificar

3.1.1.1 Analizar y comprender la magnitud del problema

El análisis y la comprensión de la magnitud se desarrolló en el capítulo 2, por lo que en esta parte del ciclo se explicará brevemente en que consiste.

Actualmente en la tienda por departamentos donde se realiza la investigación existe una gran preocupación sobre los resultados de índice satisfacción neta realmente bajos con un gran número de clientes insatisfechos, lo cual genera impacto negativo en la reputación de la empresa, así como, la calidad del servicio que se ofrece a sus clientes.

Asimismo, se genera una subdotación de personal en las horas punta y sobredotación en horas valles, ya que actualmente no existe que existe una programación de horarios, sino que se generan en función de la experiencia del jefe de cajas, esto sin considerar la curva de transacciones por rango de hora. Lo genera excesivos gastos de personal ocioso.

Problema 1: Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja

Figura 24: Índice de satisfacción neta del tiempo de espera en la Caja

Fuente: Elaboración propia.

Se confirmó en el capítulo 2, que los niveles de satisfacción del tiempo de espera en la caja estaban muy por debajo de la meta, esto principalmente porque no existe un método de planificación de horario de cajeros. en el análisis de causas se llegó a la conclusión que existen:

- Cajeros incumplen el horario de trabajo.
- Colas largas al momento de pago en la caja.
- Sobredotación de cajeros en horas pico.
- Subdotación de cajeros en horas valle.
- No se planifica la distribución de horarios de cajeros.

Problema 2: Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta.

Figura 25: Índice de satisfacción neta de la disponibilidad de asistentes de venta

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la disponibilidad de asistentes o asesores de venta, en el análisis de causas se llegó a la conclusión que existen:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Mala asignación de horarios de asistentes de venta por división.
- Sobredotación de asistentes de ventas en hora valle.
- Subdotación de asistente de ventas en horas pico.

En conclusión, lo que debemos resolver es la distribución del asistente de venta por división.

3.1.1.2 Establecimiento del nivel de desempeño exigido

OBJETIVOS DE LA MEJORA

Al implementar estas mejoras se tiene por objetivos las siguientes mejoras:

- Aumento del índice de satisfacción neta en la caja de 57% en promedio a 70% en promedio.
- Aumento del índice de disponibilidad de asistente de venta 63% en promedio a 75% en promedio.
- Aumento de la productividad de asistente de venta.
- Disminución del tiempo máximo de espera en cola lo que disminuiría la deserción de cola por parte de cliente y que aumentaría las ventas significativamente.
- Reducir el gasto de RRHH, por horas ociosas y pago de horas extras de cajeros.

3.2.1. Desarrollo de la propuesta de programación lineal entera

Luego de la breve explicación de los problemas y causas raíz se procederá a desarrollar una de las propuestas que resolverá el problema de:

“Bajo nivel de satisfacción debido al tiempo de espera en la caja

Para lo cual desarrollaremos la siguiente hoja de ruta la cual consiste en el siguiente gráfico:

Cuadro 11: Hoja de ruta del problema de programación lineal

Análisis descriptivo y exploratorio de la información	Pronóstico de la demanda de transacciones	Staffing	Scheduling
<ul style="list-style-type: none">• Análisis del comportamiento de las transacciones:<ul style="list-style-type: none">• Mes a mes• Semana a semana• Día a día.• Herramientas:<ul style="list-style-type: none">Anova de 1 factorSPSS	<ul style="list-style-type: none">• Exploración de los patrones de datos• Elección del método de pronóstico.• Herramientas:<ul style="list-style-type: none">AutocorrelaciónMinitab	<ul style="list-style-type: none">• Modelamiento del problema de programación lineal entera mixta• Cálculo de la dotación• Herramientas:<ul style="list-style-type: none">Ecuaciones ErlangLingoCurva de transaccionesRestricciones laborales	<ul style="list-style-type: none">• Distribución de la cantidad de cajeros óptima es plantillas de horarios.• Herramientas :<ul style="list-style-type: none">SolverResultado de programación lineal

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1 Análisis descriptivo y exploratorio de la información de transacciones

Como primera etapa se realizará un análisis descriptivo y exploratorio de las transacciones de la tienda Santa Anita. Esto con el fin de conocer el comportamiento de las transacciones a lo largo de un periodo de un mes, semana y día y observar si realmente existen picos u horas valles.

Para esto se recabo la siguiente información:

DATA: Transacciones de venta de la tienda Santa Anita

PERIODO: Del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2017.

Se utilizará el **Análisis de Varianza o ANOVA** para estudiar el comportamiento para esto se necesita tener la información de la siguiente de manera:

Análisis de transacciones por meses del año:

Para el análisis mes a mes, utilizaremos el Software estadístico SPSS, para lo cual se debe contar la siguiente información, en el orden presentando a continuación:

Cuadro 12: Estructura de la información para ANOVA meses del año

Fecha	Num_Mes	Cnt_Ticket_Vta
F ₁	1	T ₁
F ₂	2	T ₂
F ₃	3	T ₃
F ₄	4	T ₄
F ₅	5	T ₅
F ₆	6	T ₆
F _n	7	T ₇
F _n	8	T ₈
F _n	9	T ₉
F _n	10	T ₁₀
F _n	11	T ₁₁
F _n	12	T _n

Fuente: Elaboración propia

Donde F_n es la fecha es decir del 01 de enero del 2017 al 31 de diciembre del 2017, Num_Mes_i es el número mes del año es decir enero es 1 , febrero es 2 ,marzo es 3 y así sucesivamente hasta que diciembre sea 12 y finalmente tenemos a T_n y que es la cantidad de transacciones de un día de la semana en un fecha (F_n). Con esta información podemos llevar a cabo el siguiente análisis de varianza(Arevalo, 2011): **ANOVA**

Formulamos la siguiente hipótesis estadística:

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$

H₁: No todas la μ son iguales

Donde μ_i es el promedio de las transacciones i del Num_Mes, esta técnica paramétrica busca poder establecer si existe alguna fuente de variabilidad debido a los factores (meses) del experimento que se está realizando (transacciones), esto con el propósito de determinar si los tratamientos son diferentes y se debe realizar un modelo de programación para un determinado grupo de meses.(Arevalo, 2011)

Teniendo en cuenta se procedió a ingresar la información al IBM SPSS Statistics 22 y que se muestra a continuación:

Figura 26: Pasos del ANOVA de un factor

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Figura 27: Anova de Un Factor:

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Se activan las pruebas Duncan y DMS para probar las diferencias en la cantidad de transacciones en los diferentes meses:

Figura 28: ANOVA de un factor: Comparaciones múltiples post hoc

ANOVA de un factor: Comparaciones múltiples post hoc

Asumiendo varianzas iguales

☒ DMS ☐ S-N-K ☐ Waller-Duncan
☐ Bonferroni ☐ Tukey Tasa de errores tipo I/tipo II: 100
☐ Sidak ☐ Tukey-b ☐ Dunnett
☐ Scheffe ☒ Duncan Categoría de control: Último
☐ R-E-G-W F ☐ GT2 de Hochberg ☐ Prueba
☐ R-E-G-W Q ☐ Gabriel ☒ Bilateral ☐ < Control ☐ > Control

No asumiendo varianzas iguales

☐ T2 de Tamhane ☐ T3 de Dunnett ☐ Games-Howell ☐ C de Dunnett

Nivel de significación: 0,05

Continuar Cancelar Ayuda

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro 13: Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CANT_TICKET			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
9,523	11	351	,000

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Como el sig. =0.00 < α =0.05 se rechaza el supuesto de homogeneidad de varianzas es decir al menos una varianza de la cantidad de tickets es diferente en algún mes del año.

Cuadro 14: Resultado Anova de un factor

ANOVA					
CANT_TICKET					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	75206653,19	11	6836968,472	18,285	,000
Dentro de grupos	131245326,8	351	373918,310		
Total	206451980,0	362			

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Del resultado del ANOVA anterior podemos expresar lo siguiente:

Como $\text{Sig.} = 0.00 < \alpha = 0.05$, se podemos concluir que, si hay diferencias significativas de la cantidad de transacciones en los meses analizados. Luego de esto se realizan las post-hoc.

Cuadro 15: Pruebas Post Hoc: DMS

Variable dependiente: CANT_TICKET													
		Sig.											
		(J) MES											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
DMS	Enero		.736	.185	.614	.089	.279	.131	.718	.392	.167	.524	.000
	Febrero	.736		.101	.406	.182	.467	.253	.988	.239	.090	.336	.000
	Marzo	.185	.101		.413	.002	.016	.004	.089	.643	.953	.494	.000
	Abril	.614	.406	.413		.027	.113	.044	.385	.724	.380	.894	.000
	Mayo	.089	.182	.002	.027		.540	.845	.176	.011	.002	.019	.000
	Junio	.279	.467	.016	.113	.540		.675	.465	.053	.014	.086	.000
	Julio	.131	.253	.004	.044	.845	.675		.247	.018	.004	.032	.000
	Agosto	.718	.988	.089	.385	.176	.465	.247		.221	.079	.316	.000
	Septiembre	.392	.239	.643	.724	.011	.053	.018	.221		.602	.826	.000
	Octubre	.167	.090	.953	.380	.002	.014	.004	.079	.602		.458	.000
	Noviembre	.524	.336	.494	.894	.019	.086	.032	.316	.826	.458		.000
	Diciembre	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Cuadro 16: Subconjunto Homogéneos o Duncan

CANT_TICKET					
		N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Duncan ^{a,b}	Octubre	31	1114,4194		
	Marzo	31	1123,6129		
	Septiembre	30	1196,1667		
	Noviembre	30	1230,8667		
	Abril	30	1251,9333		
	Enero	30	1331,5333		
	Febrero	28	1385,7143		
	Agosto	31	1388,0968		
	Junio	30		1502,6	
	Julio	31		1568,3	
	Mayo	31		1598,8	
	Diciembre	30			2888,4667
	Sig.		.143	.057	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,226.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Figura 29: Diagrama de Cajas mes a mes

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

De los anteriores resultados de la prueba Duncan de grupos homogéneos y del diagrama de cajas podemos concluir lo siguiente con un nivel de significación $\text{sig.} = 0,240 > \alpha=0.05$, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tickets de venta de los meses enero, febrero, marzo, abril, agosto, setiembre, octubre y noviembre en un primer grupo.

Así mismo con un nivel de significación de $\text{sig} = 0,057 > \alpha=0.05$ no existen diferencias significativas entre las transacciones de venta de los días mayo, junio y julio y por último tenemos un último grupo integrado por el mes de diciembre con un nivel de significación $\text{sig} = 1 > \alpha=0.05$

Estos resultados nos ayudan a trabajar el modelo de programación lineal para meses normales enero, febrero, marzo, abril, agosto, setiembre, octubre y noviembre y por otro lado meses campaña como lo son mayo, junio, julio y diciembre y que hemos validado mediante en el análisis de ANOVA mes a mes.

Análisis de transacciones por semanas del mes

Se vuelve a realizar el mismo análisis, pero para las semanas del mes, para esto se debe contar con la información en el software IBM SPSS Statistics 22 de la siguiente manera.

Cuadro 17: Estructura de información para ANOVA: semana del mes

FECHA	SEMANA	CNT_TICKET_VTA
F ₁	1	T ₁
F ₂	2	T ₂
F ₃	3	T ₃
F ₄	4	T ₄
F _n	5	T ₅

Fuente: Elaboración propia

Luego del ingreso de información de transacciones tenemos los siguientes resultados:

Cuadro 18: Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
CANT_TICKET			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
5,011	4	358	,001

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Como el sig. =0.01 < α =0.05 se rechaza el supuesto de homogeneidad de varianzas es decir al menos una varianza de la cantidad de tickets es diferente en algún semana del mes.

Cuadro 19: Resultado Anova de un factor semanas del mes

ANOVA					
CANT_TICKET					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4648739,456	4	1162184,864	2,062	,085
Dentro de grupos	201803240,5	358	563696,203		
Total	206451980,0	362			

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Del resultado del ANOVA anterior podemos expresar lo siguiente:

Como $\text{Sig.} = 0.085 > \alpha = 0.05$, se podemos concluir que, no hay diferencias significativas de la cantidad de transacciones en las semanas de los meses analizados. Luego de esto se realizan las post-hoc.

Cuadro 20: Pruebas Post Hoc: DMS

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente: CANT_TICKET								
					95% de intervalo de confianza			
(I) SEMANA	(J) SEMANA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior		
DMS	Semana 1	Semana 2	21,30952	115,85050	,854	-206,5235	249,1426	
		Semana 3	-12,53571	115,85050	,914	-240,3688	215,2973	
		Semana 4	-201,70238	115,85050	,083	-429,5354	26,1307	
		Semana 5	-328,39286*	166,09728	,049	-655,0418	-1,7439	
	Semana 2	Semana 1	-21,30952	115,85050	,854	-249,1426	206,5235	
		Semana 3	-33,84524	115,85050	,770	-261,6783	193,9878	
		Semana 4	-223,01190	115,85050	,055	-450,8449	4,8211	
		Semana 5	-349,70238*	166,09728	,036	-676,3514	-23,0534	
	Semana 3	Semana 1	12,53571	115,85050	,914	-215,2973	240,3688	
		Semana 2	33,84524	115,85050	,770	-193,9878	261,6783	
		Semana 4	-189,16667	115,85050	,103	-416,9997	38,6664	
		Semana 5	-315,85714	166,09728	,058	-642,5061	10,7918	
	Semana 4	Semana 1	201,70238	115,85050	,083	-26,1307	429,5354	
		Semana 2	223,01190	115,85050	,055	-4,8211	450,8449	
		Semana 3	189,16667	115,85050	,103	-38,6664	416,9997	
		Semana 5	-126,69048	166,09728	,446	-453,3395	199,9585	
	Semana 5	Semana 1	328,39286*	166,09728	,049	1,7439	655,0418	
		Semana 2	349,70238*	166,09728	,036	23,0534	676,3514	
		Semana 3	315,85714	166,09728	,058	-10,7918	642,5061	
		Semana 4	126,69048	166,09728	,446	-199,9585	453,3395	

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Cuadro 21: Subconjunto Homogéneos o Duncan

CANT_TICKET				
SEMANA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	Semana 2	84	1373,6310	
	Semana 1	84	1394,9405	
	Semana 3	84	1407,4762	
	Semana 4	84	1596,6429	
	Semana 5	27		1596,6429
Sig.			,144	,360

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Figura 30: Diagrama de Cajas semanas del mes

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

De los anteriores resultados de la prueba Duncan de grupos homogéneos y del diagrama de cajas podemos concluir lo siguiente, con un nivel de significación $\text{sig.} = 0,144 > \alpha = 0,05$, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tickets de venta en un mes de cuatro semanas y cinco semanas. Estos resultados nos ayudan a trabajar el modelo de programación lineal para una sola semana del mes ya que las demás semanas se comportan de la misma manera, según los resultados del análisis de varianza realizado.

Análisis de transacciones días de la semana

Cuadro 22: Orden de información para ANOVA

Fecha	Num_Día	CNT_TICKET_VTA
F ₁	1	T ₁
F ₂	2	T ₂
F ₃	3	T ₃
F ₄	4	T ₄
F ₅	5	T ₅
F ₆	6	T ₆
F _n	7	T _n

Fuente: Elaboración propia

Donde F_n es la fecha de todos los días del año, menos los días de los meses que presentan un comportamiento diferentes, según el análisis de varianza mes a mes que se realizó anteriormente y arrojo que los meses: mayo, junio , julio y diciembre conforman un grupo separado. Num_Día_{di} es el día de la semana es decir lunes es 1, martes es 2, miércoles es 3 y así sucesivamente hasta el domingo y finalmente tenemos a T_n y que es la cantidad de transacciones de un día de la semana en un fecha (F_n). Con esta información podemos formular el siguiente análisis de varianza: ANOVA

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Cuadro 23: Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Cant_Ticket_Vta			
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
,697	6	234	,652

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Como el sig. =0.652 >, α =0.05 no se rechaza el supuesto de homogeneidad de varianzas es decir al menos un grupo de días igual.

Cuadro 24: Anova de 1 Factor

ANOVA					
Cant_Ticket_Vta					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27401425,45	6	4566904,242	63,062	,000
Dentro de grupos	16945993,75	234	72418,777		
Total	44347419,20	240			

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Del resultado del ANOVA anterior podemos expresar lo siguiente:

Como Sig.= 0.00 < α =0.05, se podemos concluir que, si hay diferencias significativas de la cantidad de transacciones por tipo de día, lunes, martes, miércoles. jueves, sábado y domingo. Luego de esto se realizan las post-hoc, para determinar que grupos presentan estas diferencias:

Cuadro 25: Pruebas Post Hoc DMS

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Cant_Ticket_Vta							
		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza		
(I) Num_Día	(J) Num_Día				Límite inferior	Límite superior	
DMS	Lunes	Martes	-1,738	64,800	,979	-129,40	125,93
		Miércoles	-54,138	64,800	,404	-181,80	73,53
		Jueves	-66,452	64,800	,306	-194,12	61,21
		Viernes	-246,235*	65,268	,000	-374,82	-117,65
		Sábado	-863,882*	65,268	,000	-992,47	-735,29
		Domingo	-734,235*	65,268	,000	-862,82	-605,65
	Martes	Lunes	1,738	64,800	,979	-125,93	129,40
		Miércoles	-52,400	64,329	,416	-179,14	74,34
		Jueves	-64,714	64,329	,315	-191,45	62,02
		Viernes	-244,497*	64,800	,000	-372,16	-116,83
		Sábado	-862,145*	64,800	,000	-989,81	-734,48
		Domingo	-732,497*	64,800	,000	-860,16	-604,83
	Miércoles	Lunes	54,138	64,800	,404	-73,53	181,80
		Martes	52,400	64,329	,416	-74,34	179,14
		Jueves	-12,314	64,329	,848	-139,05	114,42
		Viernes	-192,097*	64,800	,003	-319,76	-64,43
		Sábado	-809,745*	64,800	,000	-937,41	-682,08
		Domingo	-680,097*	64,800	,000	-807,76	-552,43
	Jueves	Lunes	66,452	64,800	,306	-61,21	194,12
		Martes	64,714	64,329	,315	-62,02	191,45
		Miércoles	12,314	64,329	,848	-114,42	139,05
		Viernes	-179,783*	64,800	,006	-307,45	-52,12
		Sábado	-797,430*	64,800	,000	-925,10	-669,76
		Domingo	-667,783*	64,800	,000	-795,45	-540,12
	Viernes	Lunes	246,235*	65,268	,000	117,65	374,82
		Martes	244,497*	64,800	,000	116,83	372,16
		Miércoles	192,097*	64,800	,003	64,43	319,76
		Jueves	179,783*	64,800	,006	52,12	307,45
		Sábado	-617,647*	65,268	,000	-746,24	-489,06
		Domingo	-488,000*	65,268	,000	-616,59	-359,41
	Sábado	Lunes	863,882*	65,268	,000	735,29	992,47
		Martes	862,145*	64,800	,000	734,48	989,81
		Miércoles	809,745*	64,800	,000	682,08	937,41
		Jueves	797,430*	64,800	,000	669,76	925,10
		Viernes	617,647*	65,268	,000	489,06	746,24
		Domingo	129,647*	65,268	,048	1,06	258,24
	Domingo	Lunes	734,235*	65,268	,000	605,65	862,82
		Martes	732,497*	64,800	,000	604,83	860,16
		Miércoles	680,097*	64,800	,000	552,43	807,76
		Jueves	667,783*	64,800	,000	540,12	795,45
		Viernes	488,000*	65,268	,000	359,41	616,59
		Sábado	-129,647*	65,268	,048	-258,24	-1,06

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Cuadro 26: Subconjunto Homogéneos o Duncan

Cant_Ticket_Vta						
Num_Día	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	
Duncan ^{a,b}						
Lunes	34	973,18				
Martes	35	974,91				
Miércoles	35	1027,31				
Jueves	35	1039,63				
Viernes	34		1219,41			
Domingo	34			1707,41		
Sábado	34				1837,06	
Sig.		,358	1,000	1,000	1,000	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

De los anteriores resultados de la prueba Duncan de grupos homogéneos podemos concluir lo siguiente: con un nivel de significación sig. = 0,358 > $\alpha=0.05$, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tickets de venta de los días lunes , martes , miércoles , jueves, en un grupo .

Así mismo con un nivel de significación de sig. = 1,0 > $\alpha=0.05$ no existen diferencias significativas entre las transacciones de venta de los días viernes, sábado y domingo.

Luego de haber realizado, el análisis de varianza o ANOVA a nivel mes, semana, y día es necesario y según nuestra hoja de ruta generar un pronóstico de la demanda de transacciones, para ello se recabo información de transacciones de la tienda Santa Anita de los años 2015 , 2016 y 2017 , para así genera un pronóstico para el año 2019 y que sea la base para nuestro pronóstico de programación lineal entera.(Arevalo, 2011)

Para ello se evaluaron diferentes de pronóstico de los cuales el elegido se presenta a continuación:

3.2.1.2 Pronóstico de la demanda de transacciones

3.2.1.2.1 Estudio de patrones de datos con series de tiempos

En primer lugar, el investigador debe elegir el método de pronóstico más adecuado para sus datos. Para ello debemos diferenciar entre los entre los 4 tipos de patrones que existen Horizontal , tendencia, estacionales y cíclicos.(Hanke, 2008),

En este sentido debe realizar una gráfica de series de tiempo para identificar los patrones de comportamiento de los datos. Para ello, ingresamos la siguiente información de las transacciones de venta en el **Software Estadístico Minitab 18** y generamos un gráfico de serie de tiempo que se muestra a continuación:

Figura 31: Software Minitab 18

Fuente: Minitab 18

Figura 32: Serie de tiempo de las TRX mensuales 2015-2016-2017

Fuente: Minitab 18

En el gráfico anterior podemos observar que los datos que se muestran son para un periodo de 3 años 2015,2016 y 2017, es decir 36 meses y presentan posibles estacionalidades en los meses de **mayo, junio, julio y diciembre** respectivamente, manteniéndose constante en los meses restantes. Estos meses son afectados por el calendario anual, Día de la Madre, Día del Padre, Fiestas Patrias y Navidad. Hasta aquí solo se ha analizado el aspecto de la serie de tiempo, es necesario validarlo. Para esto se realizará un análisis de autocorrelación de la serie de tiempo presentada.

3.2.1.2.2 Exploración de series de tiempo: autocorrelación

En este análisis se evaluará que tan autocorrelacionadas están los datos de nuestra serie de tiempo, entiéndase por correlación la definición que (Hanke, 2008) expresa :

“Autocorrelación es la correlación que existe entre una variable retrasada uno o más periodos consigo misma.” (p.64)

Con respecto al patrón estacional que presentan preliminarmente nuestra serie el autor define lo siguiente:

“Si una serie tiene un patrón estacional, se presentará un coeficiente de autocorrelación significativo en el retraso de tiempo estacional o en los múltiplos del retraso estacional. El retraso estacional se considera de 4 para datos trimestrales y 12 para datos mensuales”(Hanke, 2008,p68)

Debido a lo expresado anteriormente por el autor, se procede a realizar un correlograma en el software Minitab para 12 retrasos de tiempo puesto que nuestros datos son mensuales, obteniendo como resultado el siguiente gráfico:

Figura 33: Función de autocorrelación de cantidad transacciones de venta

Fuente: Minitab 18

Podemos observar que en los retrasos 5 ,6 7 existe una moderada autocorrelación, mientras que en el retraso 12 existe una autocorrelación fuerte.

Se obtiene a continuación los resultados del software Minitab:

Cuadro 27: Resultado función de autocorrelación.

Autocorrelaciones			
Desfase	ACF	T	LBQ
1	-0.088406	-0.53	0.31
2	-0.187054	-1.11	1.71
3	-0.298887	-1.72	5.42
4	-0.148312	-0.79	6.36
5	0.227767	1.19	8.65
6	0.080531	0.41	8.94
7	0.223103	1.12	11.29
8	-0.178737	-0.87	12.85
9	-0.249676	-1.19	16.01
10	-0.121069	-0.55	16.78
11	-0.059916	-0.27	16.98
12	0.657995	2.98	41.66

Fuente: Minitab

Luego de esto, se concluye que los meses mayo, junio, julio y diciembre son significativamente diferentes de cero, con coeficientes de correlación de 0.22,0.08 y 0.65 respectivamente. Con esto se afirma que estos 4 meses son estacionales y debería utilizarse una técnica de pronóstico para datos con este tipo de comportamientos.

Por lo expresado anteriormente, dentro de los modelos de pronóstico para series estacionales, se eligió utilizar el **pronóstico de descomposición de series de tiempo mediante el modelo aditivo con estacionalidad que es el que arrojaba menor de pronóstico según datos de Minitab.**

Se eligió dicho pronóstico ya que cumple con las características que el autor establece:

“El modelo de componentes aditivo funciona mejor cuando la serie de tiempo sometida a análisis tiene aproximadamente la misma variabilidad a lo largo de toda la serie. Es decir, en esencia, todos los valores de la serie caen dentro de una banda de anchura constante centrada en la tendencia.”(Hanke, 2008,p.167)

Nuestro anterior gráfico de serie de tiempo de las transacciones se mantiene constante en los desfases con estacionalidad y no presentan tendencias, ni fluctuaciones positivas. Seguidamente, se realizó el pronóstico para los 12 meses siguientes, esto con el Software Estadístico Minitab obteniendo los siguientes resultados:

Figura 34: Descomposición de Serie de Tiempo: Modelo aditivo

Fuente: Minitab 18

En el gráfico proporcionado por Minitab podemos observar en color morado el pronóstico realizado para los 12 meses siguientes y en verde la tendencia que no presenta fluctuaciones y se mantiene igual a lo largo de los años lo cual apoya nuestro modelo aditivo. Así mismo en rojo representa el ajuste de la estacionalidad que se realiza a los meses

Por otro lado, se analizan los errores de pronóstico entre el más importante el MAPE (error porcentual absoluto medio) que es más conocido por ser un indicador de desempeño del pronóstico ,presenta un error de 3.0%, lo cual sugiere un error de pronóstico mínimo y valido para el pronóstico.

Los resultados del software Minitab se presentan a continuación:

Cuadro 28: Resultados Pronóstico: Mes

Método		Medidas de exactitud	
Tipo de modelo	Modelo aditivo	MAPE	3
Datos	CANT_TICKET_VTA	MAD	1440
Longitud	36	MSD	3718568
Número de valores faltantes	0		

Índices estacionales		Pronósticos	
<u>Período</u>	<u>Índice</u>	<u>Período</u>	<u>Pronóstico</u>
1	-3147.2	37	41302.4
2	-3539.2	38	40910.4
3	-7387.5	39	37062.1
4	-6771.4	40	37678.2
5	4017.9	41	48467.5
6	1043.4	42	45493.0
7	5543.3	43	49992.9
8	-3769.5	44	40680.2
9	-10458.2	45	33991.5
10	-9311.5	46	35138.1
11	-7618.4	47	36831.3
12	41398.4	48	85848.0

Fuente: Minitab 18

Luego de haber obtenido los resultados los resultados del pronóstico para los 12 meses del 2019, que nos servirá de base para nuestro problema de programación lineal entera.

A continuación, realizaremos el mismo pronóstico, pero para los 363 días del año 2019, esto en base a la información de transacciones de los mismos meses, pero diaria de los años 2015 ,2016 y 2017.

En primer lugar, se realiza el grafico de serie de tiempo para observar el comportamiento estacional de las transacciones por día.

Enseguida se ingresa la información de transacciones en el software MINITAB 18 y que se presenta a continuación:

Figura 35: Gráfico de Serie de tiempo de las transacciones diarias 2015-2016-2017

Fuente: Minitab 18

En este grafico podemos también comprobar que la data presenta estacionalidad si es analizada por día. Luego de esto el siguiente es realizar el método de pronóstico por descomposición de modelo aditivo. Se obtienen los siguientes resultados ingresados a Minitab:

Figura 36: Descomposición de Serie de Tiempo: Modelo aditivo

Fuente:Minitab 18

Los resultados del pronóstico diario se colocaron en el Anexo N°3, por ser de gran tamaño, con estos resultados serán la base para realizar nuestro modelo de programación y que se introduce en el siguiente apartado.

3.2.1.3 Staffing:

El siguiente punto trata sobre el dimensionamiento de la fuerza laboral destinada a la atención en los módulos de cajas dentro de la tienda por departamentos del local Santa Anita. El dimensionamiento es un paso fundamental dentro del proceso del cálculo de la fuerza laboral ya que impacta directamente con la atención que perciben los clientes dentro del establecimiento, los gastos dentro del área Recurso Humanos y los indicadores de rendimiento o performance. Se busca calcular cual es la cantidad necesaria de personal de cajas necesario para poder satisfacer un determinado número de atenciones o transacciones a determinada hora, de un determinado día. (Arevalo, 2011)

Esta etapa es de suma importancia ya que permitirá alcanzar los indicadores esperados a nivel de local y compañía; como nivel de servicio, reducción de costo por contrataciones, tiempo de atención, entre otros. Uno de los métodos más utilizados en el ámbito del staffing y scheduling para encontrar la cantidad necesaria de recursos para atender la demanda es hacer uso del Método de Erlang.(Arevalo, 2011)

En los modelos de Erlang se toma en cuenta el número esperado de transacciones, el tiempo de promedio de operación (o también llamado tiempo de atención). Como es mencionado en la teoría de Erlang, la mala utilización o uso inadecuado del tiempo promedio (es decir el promedio aritmético) de atención puede comprometer la exactitud o la semejanza con realidad del objeto o proceso medido. Dicho de otra manera, el uso del promedio de una variable con datos atípicos y sin filtrar puede llegar a desfigurar la distribución a la que debería ajustarse. Por ejemplo, si se llegase a tomar en cuenta

tiempos de atención demasiado grandes debido a sucesos poco común o atípicos; éste aumentaría el valor del promedio ocasionando un valor más abultado de lo que debería ser; y si este es tomado en cuenta para el dimensionamiento de la fuerza laboral ocasionaría una sobredotación debido a que no se tomó en consideración valores extremos, ya que los recursos acabarían de atender la demanda en menos tiempo del esperado y esto en definitiva traería consigo módulos de caja con bajo aprovechamiento o utilización y personal de contratado ocioso. En cambio, si se toman en cuenta tiempos de atención muy cortos donde el cliente no compró artículos pequeños y de poco valor, donde por lo general pagan y se retiran muy rápido, podría generar una incorrecta percepción del tiempo de atención; indiscutiblemente generaría en la etapa de dimensionamiento de la fuerza laboral una subdotación ya que la cantidad de recursos planeados no podría atender la demanda a un tiempo mayor al esperado.

Análisis de la demanda y estudio de tiempos:

En esta parte del proyecto se realizará el análisis de la gestión actual de transacciones, cajas, horarios, horas hombre requeridas, tráfico de clientes y tiempos de atención del local de Santa Anita. Para poder formular el modelo que mejor se ajuste a las curvas de demanda por día, se tomó como base el pronóstico de transacciones encontradas en el paso anterior de los meses más representativos.

El área de Gerencia de la Productividad anteriormente condujo un estudio de tiempos en base a las operaciones que realizan los cajeros con la finalidad de saber cuál es el tiempo promedio de atención por cada tipo de operación que se realiza en los módulos de caja en cada tienda. Este estudio de tiempos mencionado arrojó los siguientes resultados que serán considerados para los siguientes cálculos:

Cuadro 29: Tiempos promedios de atención local Santa Anita

Cajero	Tiempos (en minutos)
Ventas	3.68
Notas de crédito	1.53
Abonos	1.77
Recaudación	2.07
Efectivo Express	2.45
Consulta Precios	1.19

Fuente: Compañía 2017

Los diferentes tiempos por operación que se puede realizar en el módulo de cajas recabados del estudio de tiempos nos permiten transformar el histórico de transacciones por local, día y hora a una variable homogénea: horas hombre necesarias por cada franja horaria.

Como se puede observar en la imagen inferior, las cantidades de Tickets de Venta, Notas de Crédito y Tickets de Recaudación fueron transformadas a la cantidad promedio de minutos necesarios para completar respectivamente cada operación en caja.

Figura 37: Base de datos: Transacciones Santa Anita 2017

2	Origen	COMER	SUCURS	TIEND	CHA_Tf	Seman	HORA2	HORA	Día	HORA1	AREA	AREA_NOMBF	DIVISIC	VISION_NOM	TO_TOT	IT_TICKET	K VTA ESPEF	tiempo prom tick	FO_NTA_C	TICKET_NOI
3	TRX		1	73	Santa Anita	22/01/2017 Ene_3	18	18	domingo	12:00:00 A43	PERFUMERIA	G12	BELLEZA		73.00	1.00	1.15	4.23	0.00	
4	TRX		1	73	Santa Anita	7/01/2017 Ene_1	18	18	sábado	12:00:00 A06	CASUAL HOMBRE	G03	HOMBRE		927.89	12.00	13.80	50.78	99.70	
5	TRX		1	73	Santa Anita	29/01/2017 Ene_4	21	21	domingo	18:00:00 A16	JUVENIL HOMBRE	G03	HOMBRE		1143.71	13.00	14.35	55.02	0.00	
6	TRX		1	73	Santa Anita	30/01/2017 Feb_1	14	14	lunes	04:00:00 A56	BEBES	G04	INFANTIL		281.30	3.00	3.45	12.70	0.00	
7	TRX		1	73	Santa Anita	27/01/2017 Ene_4	16	16	viernes	08:00:00 A53	CALZADO HOMBRE	G13	CALZADO		858.00	6.00	6.90	25.39	0.00	
8	TRX		1	73	Santa Anita	2/01/2017 Ene_1	21	21	lunes	18:00:00 A20	JUVENIL MUJER	G06	MUJER		2353.25	28.00	32.20	118.50	308.70	
9	TRX		1	73	Santa Anita	27/01/2017 Ene_4	17	17	viernes	10:00:00 A44	ACCESORIOS	G11	ACCESORIOS		368.40	6.00	6.90	25.39	0.00	
10	TRX		1	73	Santa Anita	5/01/2017 Ene_1	18	18	viernes	12:00:00 A72	TEXTIL 5 A MAS	G04	INFANTIL		2034.63	25.00	28.75	105.80	271.44	
11	TRX		1	73	Santa Anita	12/01/2017 Ene_2	11	11	viernes	22:00:00 A44	ACCESORIOS	G11	ACCESORIOS		258.80	3.00	3.45	12.70	37.30	
12	TRX		1	73	Santa Anita	12/01/2017 Ene_2	16	16	viernes	08:00:00 A72	TEXTIL 5 A MAS	G04	INFANTIL		839.26	6.00	6.90	25.39	0.00	
13	TRX		1	73	Santa Anita	8/01/2017 Ene_1	20	20	domingo	16:00:00 A72	TEXTIL 5 A MAS	G04	INFANTIL		1538.77	16.00	18.40	67.71	0.00	
14	TRX		1	73	Santa Anita	30/01/2017 Feb_1	21	21	lunes	18:00:00 A19	SPORT MUJER	G06	MUJER		488.86	6.00	6.90	25.39	0.00	
15	TRX		1	73	Santa Anita	22/01/2017 Ene_3	19	19	domingo	14:00:00 A25	CALZADO MUJER	G13	CALZADO		1173.13	16.00	18.40	67.71	0.00	
16	TRX		1	73	Santa Anita	21/01/2017 Ene_3	20	20	sábado	16:00:00 A24	BICICLETAS Y OTROS	G09	DEPORTES		179.80	2.00	2.30	8.46	0.00	
17	TRX		1	73	Santa Anita	13/01/2017 Ene_2	18	18	viernes	12:00:00 A19	SPORT MUJER	G06	MUJER		1028.96	12.00	13.80	50.78	144.80	
18	TRX		1	73	Santa Anita	24/01/2017 Ene_4	20	20	martes	16:00:00 A47	ROPA INTERIOR	G12	BELLEZA		719.80	6.00	6.90	25.39	0.00	
19	TRX		1	73	Santa Anita	8/01/2017 Ene_1	12	12	domingo	00:00:00 A51	ZAPATILLAS	G09	DEPORTES		123.00	1.00	1.15	4.23	0.00	
20	TRX		1	73	Santa Anita	11/01/2017 Ene_2	21	21	miércoles	18:00:00 A39	MENAJES	G01	DECOHOGAR		14.70	1.00	1.15	4.23	0.00	
21	TRX		1	73	Santa Anita	23/01/2017 Ene_4	21	21	lunes	18:00:00 A51	ZAPATILLAS	G09	DEPORTES		470.20	2.00	2.30	8.46	0.00	
22	TRX		1	73	Santa Anita	31/01/2017 Feb_1	14	14	martes	04:00:00 A50	TEXTIL DEPORTES	G09	DEPORTES		772.30	6.00	6.90	25.39	0.00	
23	TRX		1	73	Santa Anita	10/01/2017 Ene_2	17	17	martes	10:00:00 A56	BEBES	G04	INFANTIL		150.38	5.00	5.75	21.16	0.00	
24	TRX		1	73	Santa Anita	2/01/2017 Ene_1	19	19	lunes	14:00:00 A56	BEBES	G04	INFANTIL		383.98	5.00	5.75	21.16	0.00	
25	TRX		1	73	Santa Anita	5/01/2017 Ene_1	11	11	viernes	22:00:00 A06	CASUAL HOMBRE	G03	HOMBRE		433.23	4.00	4.60	16.33	0.00	
26	TRX		1	73	Santa Anita	18/01/2017 Ene_3	16	16	miércoles	08:00:00 A20	JUVENIL MUJER	G06	MUJER		1201.99	3.00	10.35	38.09	0.00	
27	TRX		1	73	Santa Anita	5/01/2017 Ene_1	20	20	viernes	16:00:00 A12	AUDIO Y TV-VIDEO	G02	ELECTROHOGAR		1747.00	2.00	2.30	8.46	0.00	
28	TRX		1	73	Santa Anita	28/01/2017 Ene_4	22	22	sábado	20:00:00 A16	JUVENIL HOMBRE	G03	HOMBRE		759.60	7.00	8.05	29.62	0.00	
29	TRX		1	73	Santa Anita	19/01/2017 Ene_3	17	17	viernes	10:00:00 A51	ZAPATILLAS	G09	DEPORTES		455.90	4.00	4.60	16.33	99.00	
30	TRX		1	73	Santa Anita	27/01/2017 Ene_4	13	13	viernes	02:00:00 A11	LINEA BLANCA	G02	ELECTROHOGAR		189.80	2.00	2.30	8.46	0.00	
31	TRX		1	73	Santa Anita	22/01/2017 Ene_3	15	15	domingo	06:00:00 A18	FORMAL MUJER	G06	MUJER		333.87	4.00	4.60	16.33	0.00	
32	TRX		1	73	Santa Anita	4/01/2017 Ene_1	20	20	miércoles	16:00:00 A56	BEBES	G04	INFANTIL		273.45	2.00	2.30	8.46	0.00	
33	TRX		1	73	Santa Anita	10/01/2017 Ene_2	18	18	martes	12:00:00 A16	JUVENIL HOMBRE	G03	HOMBRE		1021.07	12.00	13.80	50.78	0.00	

Fuente: Elaboración propia

Con las distintas operaciones ya homogenizadas a un mismo recurso (tiempo de atención en minutos); es posible saber la cantidad de minutos que fueron necesarios por franja horaria (de 11am a 12pm, de 12pm a 1pm, de 1pm a 2pm, etc....) para poder atender la demanda de las diferentes fechas del año 2017 tomadas para el estudio.

Por ejemplo, entre las 18 horas y 19 horas del día 22/01/17, y las 18 horas y 19 del día 07/01/2017 se realizaron las siguientes operaciones:

Cuadro 30: Ejemplo 1

Origen	TRX	TRX
COMERCIO	1	1
SUCURSAL	73	73
TIENDA	Santa Anita	Santa Anita
FECHA_TRUNC	22/01/2017	7/01/2017
Semana	Ene_3	Ene_1
MES	enero	enero
HORA24	18	18
HORA	18	18
Día	domingo	sábado
TICK VTA ESPERADAS	1.15	13.80
CANT NTA CREDITO ESPERADA	0.00	2.30
CNT_TICKET_RECAU	0.00	0.00
CNT_TICKET_RECAU_CON	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Se tomarán los datos de la cantidad de operaciones realizadas (cantidad de tickets de venta, notas de crédito, tickets de recaudación y recaudación concesionario), se multiplicará con el tiempo de promedio de atención que muestra el Cuadro de tiempos de atención a cada tipo de operación, y así obteniendo una cantidad final de minutos:

Cuadro 31: Resolución del Ejemplo 1

	K	L	M	N	O
7					
8		Origen	TRX	TRX	
9		COMERCIO	1	1	
10		SUCURSAL	73	73	
11		TIENDA	Santa Anita	Santa Anita	
12		FECHA_TRUNC	22/01/2017	7/01/2017	
13		Semana	Ene_3	Ene_1	
14		MES	enero	enero	
15		HORA24	18	18	
16		HORA	18	18	
17		Día	domingo	sábado	
18		TICK VTA ESPERADAS	1.15	13.80	
19		Tiempo prom tick vta	4.23	50.78	
20		CANT NTA CREDITO ESPERADA	0.00	2.30	
21		Tiempo prom NTA_CRED	0.00	3.53	
22		CNT_TICKET_RECAU	0.00	0.00	
23		Tiempo prom Recau	0.00	0.00	
24		CNT_TICKET_RECAU_CON	0.00	0.00	
25		Tiempo prom Recaudo cons	0.00	0.00	
26		min Retail	4.23	=+N19+N21+N23+N25	
27		Total HH Retail	0.07	0.91	
28					

Fuente: Elaboración Propia

Resumiendo, se obtendrá cantidad de horas hombres necesarias para poder atender las transacciones promedio realizadas en cada día distinto (lunes, martes, miércoles...) y franja horaria (11-12h, 12-13h, 13-14h, ...); quedando como se muestra a continuación la cantidad de horas hombre requeridas:

Figura 38: Resumen de HH necesarias por día/hora

TIENDA	FECHA_TRUNC	MES	Semana	Día	HORA	HH Retail	trx proy
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	11	4	62
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	12	6	100
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	13	7	101
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	14	8	121
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	15	8	120
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	16	9	141
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	17	11	167
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	18	16	233
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	19	18	279
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	20	17	255
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	21	13	200
Santa Anita	2/01/2017	enero	Ene_1	lunes	22	0	2
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	11	3	46
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	12	6	95
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	13	8	124
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	14	6	90
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	15	6	91
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	16	8	131
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	17	9	137
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	18	13	194
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	19	16	251
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	20	15	222
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	21	13	196
Santa Anita	3/01/2017	enero	Ene_1	martes	22	0	6
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	11	2	35
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	12	7	114
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	13	6	98
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	14	7	102
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	15	7	105
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	16	8	127
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	17	10	158
Santa Anita	4/01/2017	enero	Ene_1	miércoles	18	11	169

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, usar los promedios sin antes revisar los valores extremos conllevaría a tener valores promedio de transacciones errados, y por lo tanto podría ocasionar un subdimensionamiento o sobredimensionamiento de la fuerza laboral.

A fin de que la información de las transacciones sea lo más homogénea y cercana a la realidad posible, se procedió a filtrar los días que salían de la curva normal de demanda debido a distintos tipos de eventos externos que terminaban influenciando el tráfico tanto

de manera positiva como negativa (feriados, días de remate, cierres parciales de tienda por remodelación, etc....). Luego de retirar los días atípicos, se procedió a consolidar las horas hombre requeridas en distintas horas durante cada día. Este cálculo se puede ver a continuación, donde la cantidad promedio de horas hombre de cajeros, el mínimo, máximo y desviación estándar de los datos tomados en cuenta para la creación de cada división del tipo LOCAL/DIA/HORA.

Figura 39: Resumen Filtrado de HH necesarias por día/hora

Semana	(Todas)	
MES	(Varios element	
FECHA_TRUNC	(Varios element	

TIENDA	Día	HORA	Cajeros	Mín. # Cajero	Máx. # Cajero	Desv # Cajero
Santa Anita	lunes	11	2	1	4	1
Santa Anita	lunes	12	4	2	6	1
Santa Anita	lunes	13	5	3	7	1
Santa Anita	lunes	14	5	2	8	1
Santa Anita	lunes	15	5	3	8	1
Santa Anita	lunes	16	6	4	9	1
Santa Anita	lunes	17	8	5	12	2
Santa Anita	lunes	18	10	5	16	2
Santa Anita	lunes	19	11	7	18	3
Santa Anita	lunes	20	11	7	17	2
Santa Anita	lunes	21	8	4	13	2
Santa Anita	lunes	22	0	0	1	0
Santa Anita	martes	11	2	1	3	1
Santa Anita	martes	12	5	3	9	1
Santa Anita	martes	13	5	3	8	1
Santa Anita	martes	14	5	3	8	1
Santa Anita	martes	15	5	2	8	1
Santa Anita	martes	16	6	4	11	2
Santa Anita	martes	17	8	5	14	2
Santa Anita	martes	18	10	6	16	2
Santa Anita	martes	19	11	8	18	3
Santa Anita	martes	20	11	6	17	3
Santa Anita	martes	21	8	3	15	3
Santa Anita	martes	22	1	0	9	2
Santa Anita	miércoles	11	3	1	4	1
Santa Anita	miércoles	12	5	3	8	1
Santa Anita	miércoles	13	5	3	10	1
Santa Anita	miércoles	14	5	3	11	2
Santa Anita	miércoles	15	5	3	13	2
Santa Anita	miércoles	16	7	5	16	2
Santa Anita	miércoles	17	8	5	15	2

Fuente: Elaboración Propia

Con las cantidades de Horas-Hombre mínimas y promedio necesarias por Local/Día/Hora para poder satisfacer la demanda ya mapeadas en su totalidad; pasaremos a realizar un modelo de Programación Lineal de Enteros para poder determinar la cantidad óptima de personal de cajas que puedan atender las transacciones de los clientes, tratando de reducir al mínimo el personal ocioso, colas excesivas debido a personal sobrecargado, y el costo de contrataciones.

3.2.1.4 Scheduling

Modelo de Programación Lineal de Enteros:

Una parte principal del proceso de Workforce Management es la construcción de un modelo de programación de los recursos (personal de atención en cajas) donde se reduzcan los costos operativos, pero al mismo tiempo, se logre tener la cantidad adecuada de personal para poder atender la demanda de transacciones de parte de los clientes. La programación del personal de atención en cajas depende enteramente del volumen de transacciones realizadas y el intervalo de tiempo en el que llegan los clientes a la cola, las variables que reducen la disponibilidad del personal (ausentismo, tardanzas, descansos médicos y/o licencias) y los niveles de servicio previsto.

El Scheduling hace referencia a poder decidir cuantos operarios/personal será necesario para cada turno o franja horaria, de modo que se lleguen a satisfacer o cumplir los niveles mínimos de operarios/personal requeridos. Se deben tener en consideración las restricciones de horas de trabajo, costos laborales, etc... El proceso de optimización mediante programación lineal debe garantizar la cobertura adecuada de la demanda en base a las jornadas laborales, respetándose a su vez las restricciones y condicionantes mencionadas para los distintos tipos de colaborador.(Henao et al., 2015)

Para poder alcanzar este resultado, se propone un modelo de programación lineal, el cual está estructurado de acuerdo con lo expuesto en la sección anterior, con la ayuda del Método de Erlang y el pronóstico se obtuvo las cantidades promedio de cajeros necesarios para poder atender la demanda de transacciones en diferentes horas del día durante la semana. Estas cantidades obtenidas nos servirán como referencia para poder formular las restricciones del modelo de PL (Programación Lineal). Por ejemplo, se muestra a continuación las cantidades necesarias de personal de cajas para atender la demanda los lunes:

Cuadro 32: Demanda del lunes en HH por franja horaria

	# Cajeros	Mín. # Cajeros	# Cajero +Desv	Máx. # Cajeros
lunes				
11	2.4	1.2	3.1	4
12	4.2	1.8	5.2	6.5
13	4.7	2.9	5.7	7.2
14	4.6	2.1	5.9	8.3
15	4.9	2.9	6.1	7.7
16	6	3.5	7.4	9.3
17	8	5.4	9.6	11.8
18	10.1	5.3	12.2	15.6
19	11.2	6.9	13.7	18.4
20	11	7	13.5	16.7
21	7.6	4.5	9.7	13.3
22	0.3	0	0.6	1.1

Fuente: Elaboración propia

Estas cantidades se adecuarán al sistema de horarios de la Compañía, en el cual ya está designado el horario de apertura de tienda, rotaciones y horarios disponibles de los trabajadores Full Time (FT) y trabajadores Part Time (PT) y a su vez, para su mejor control y se ha dividido en particiones de 15min; iniciando a las 10:45am y terminando a las 10:30pm como horario de cierre o ultima atención. Las demandas por periodo “t” (el periodo “t” va desde 1 hasta 47) se mostrarían de la siguiente manera para los lunes:

Cuadro 33: Demanda detallada para los lunes

INICIO	FIN	# Cajeros Prom	Mín. # Cajeros	# Cajero +Desv	MAXIMO DEL DIA	# Cajero Prom + Desv	Máx. # Cajeros
10:45	a 11:00	2.4	1.2	3.1	18.0	1.8	4.0
11:00	a 11:15	2.4	1.2	3.1	18.0	1.8	4.0
11:15	a 11:30	2.4	1.2	3.1	18.0	1.8	4.0
11:30	a 11:45	2.4	1.2	3.1	18.0	1.8	4.0
11:45	a 12:00	2.4	1.2	3.1	18.0	1.8	4.0
12:00	a 12:15	4.2	1.8	5.2	18.0	2.8	6.0
12:15	a 12:30	4.2	1.8	5.2	18.0	2.8	6.0
12:30	a 12:45	4.2	1.8	5.2	18.0	2.8	6.0
12:45	a 13:00	4.2	1.8	5.2	18.0	2.8	6.0
13:00	a 13:15	4.7	2.9	5.7	18.0	3.8	7.0
13:15	a 13:30	4.7	2.9	5.7	18.0	3.8	7.0
13:30	a 13:45	4.7	2.9	5.7	18.0	3.8	7.0
13:45	a 14:00	4.7	2.9	5.7	18.0	3.8	7.0
14:00	a 14:15	4.6	2.1	5.9	18.0	3.4	8.0
14:15	a 14:30	4.6	2.1	5.9	18.0	3.4	8.0
14:30	a 14:45	4.6	2.1	5.9	18.0	3.4	8.0
14:45	a 15:00	4.6	2.1	5.9	18.0	3.4	8.0
15:00	a 15:15	4.9	2.9	6.1	18.0	4.1	8.0
15:15	a 15:30	4.9	2.9	6.1	18.0	4.1	8.0
15:30	a 15:45	4.9	2.9	6.1	18.0	4.1	8.0
15:45	a 16:00	4.9	2.9	6.1	18.0	4.1	8.0
16:00	a 16:15	6.0	3.5	7.4	18.0	5.0	9.0
16:15	a 16:30	6.0	3.5	7.4	18.0	5.0	9.0
16:30	a 16:45	6.0	3.5	7.4	18.0	5.0	9.0
16:45	a 17:00	6.0	3.5	7.4	18.0	5.0	9.0
17:00	a 17:15	8.0	5.4	9.6	18.0	7.0	12.0
17:15	a 17:30	8.0	5.4	9.6	18.0	7.0	12.0
17:30	a 17:45	8.0	5.4	9.6	18.0	7.0	12.0
17:45	a 18:00	8.0	5.4	9.6	18.0	7.0	12.0
18:00	a 18:15	10.1	5.3	12.2	18.0	7.4	16.0
18:15	a 18:30	10.1	5.3	12.2	18.0	7.4	16.0
18:30	a 18:45	10.1	5.3	12.2	18.0	7.4	16.0
18:45	a 19:00	10.1	5.3	12.2	18.0	7.4	16.0
19:00	a 19:15	11.2	6.9	13.7	18.0	9.4	18.0
19:15	a 19:30	11.2	6.9	13.7	18.0	9.4	18.0
19:30	a 19:45	11.2	6.9	13.7	18.0	9.4	18.0
19:45	a 20:00	11.2	6.9	13.7	18.0	9.4	18.0
20:00	a 20:15	11.0	7.0	13.5	18.0	9.5	17.0
20:15	a 20:30	11.0	7.0	13.5	18.0	9.5	17.0
20:30	a 20:45	11.0	7.0	13.5	18.0	9.5	17.0
20:45	a 21:00	11.0	7.0	13.5	18.0	9.5	17.0
21:00	a 21:15	7.6	4.5	9.7	18.0	6.6	13.0
21:15	a 21:30	7.6	4.5	9.7	18.0	6.6	13.0
21:30	a 21:45	7.6	4.5	9.7	18.0	6.6	13.0
21:45	a 22:00	7.6	4.5	9.7	18.0	6.6	13.0
22:00	a 22:15	0.3	0.0	0.6	18.0	0.4	1.0
22:15	a 22:30	0.3	0.0	0.6	18.0	0.4	1.0

Fuente: Elaboración propia

Esta acción se repetirá para cada día de la semana, y así obteniendo la cantidad necesaria de horas hombre necesarias para cubrir la demanda o en su equivalente, cantidad requerida de cajeros atendiendo durante ese periodo de tiempo para cumplir con las transacciones previstas.

Luego de mapear en su totalidad los días de la semana se procede a agregar los horarios fijos de los Cajeros FT (Full Time o a tiempo completo). Cabe resaltar que los Cajeros FT poseen una malla de 4 tipos distintos de rotación (Turno FT A, Turno FT B, Turno FT C y Turno FT D) donde ya se encuentra mapeado el horario de los 7 días; mientras que los Cajeros PT (Part Time o a tiempo parcial) cuentan con 8 posibles horas de ingreso por día (Turno PT 1, Turno PT 2, ..., Turno PT 8). Los Cajeros PT deben cumplir con 4 asistencias a la semana, con un máximo de un turno realizado por día.

Los horarios de los Cajeros PT muestran la misma distribución para toda la semana, pero lo que cambia es la cantidad requerida en cada turno para cada día. Es por ello que una semana posee 56 distintos horarios de cumplimiento diario que se encuentran resumidos por la siguiente variable:

P_{ij} : Cajeros PT necesarios en el día i , con el turno j

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, 8$$

Mientras que la cantidad diaria necesaria de Cajeros PT se encuentra denotado por la siguiente función:

$$PT_i = \sum_{j=1}^8 P_{ij}; \forall j = 1, 2, \dots, 8$$

PT_i : Cantidad de Cajeros PT necesarios el día i

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7$$

A continuación, se muestra lo anteriormente expuesto:

Cuadro 34: Turnos PT

				TURNOS PT							
				Disponibles para el día "i"							
	INICIO		FIN	PT 1	PT 2	PT 3	PT 4	PT 5	PT 6	PT 7	PT 8
t1	10:45	a	11:00								
t2	11:00	a	11:15	Pi1							
t3	11:15	a	11:30	Pi1							
t4	11:30	a	11:45	Pi1							
t5	11:45	a	12:00	Pi1							
t6	12:00	a	12:15	Pi1	Pi2						
t7	12:15	a	12:30	Pi1	Pi2						
t8	12:30	a	12:45	Pi1	Pi2						
t9	12:45	a	13:00	Pi1	Pi2						
t10	13:00	a	13:15	Pi1	Pi2	Pi3					
t11	13:15	a	13:30	Pi1	Pi2	Pi3					
t12	13:30	a	13:45	Pi1	Pi2	Pi3					
t13	13:45	a	14:00	Pi1	Pi2	Pi3					
t14	14:00	a	14:15	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4				
t15	14:15	a	14:30	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4				
t16	14:30	a	14:45	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4				
t17	14:45	a	15:00	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4				
t18	15:00	a	15:15	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5			
t19	15:15	a	15:30	Pi1	Pi2	Pi3	Pi4	Pi5			
t20	15:30	a	15:45		Pi2	Pi3	Pi4	Pi5			
t21	15:45	a	16:00		Pi2	Pi3	Pi4	Pi5			
t22	16:00	a	16:15		Pi2	Pi3	Pi4	Pi5	Pi6		
t23	16:15	a	16:30		Pi2	Pi3	Pi4	Pi5	Pi6		
t24	16:30	a	16:45			Pi3	Pi4	Pi5	Pi6		
t25	16:45	a	17:00			Pi3	Pi4	Pi5	Pi6		
t26	17:00	a	17:15			Pi3	Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	
t27	17:15	a	17:30			Pi3	Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	
t28	17:30	a	17:45				Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	
t29	17:45	a	18:00				Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	
t30	18:00	a	18:15				Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t31	18:15	a	18:30				Pi4	Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t32	18:30	a	18:45					Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t33	18:45	a	19:00					Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t34	19:00	a	19:15					Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t35	19:15	a	19:30					Pi5	Pi6	Pi7	Pi8
t36	19:30	a	19:45						Pi6	Pi7	Pi8
t37	19:45	a	20:00						Pi6	Pi7	Pi8
t38	20:00	a	20:15						Pi6	Pi7	Pi8
t39	20:15	a	20:30						Pi6	Pi7	Pi8
t40	20:30	a	20:45							Pi7	Pi8
t41	20:45	a	21:00							Pi7	Pi8
t42	21:00	a	21:15							Pi7	Pi8
t43	21:15	a	21:30							Pi7	Pi8
t44	21:30	a	21:45								Pi8
t45	21:45	a	22:00								Pi8
t46	22:00	a	22:15								Pi8
t47	22:15	a	22:30								Pi8

Fuente: Elaboración Propia

Los Cajeros FT muestran horarios semanales menos flexibles a comparación de los horarios que pueden armar los cajeros PT, esto es debido a la injerencia de los sindicatos en la creación y mantenimiento de horarios para los trabajadores a tiempo completo. Los siguientes cuadros muestran los turnos y rotaciones mensuales de los cajeros FT:

Cuadro 35: Tunos FT

Semana del Mes	ROTACIÓN	PLAN HORARIO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	ROTACIÓN SIGUIENTE
1	A	48H		10:45:00 21:15:00	10:45:00 21:30:00	10:45:00 21:30:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00		B
	B	48H			10:45:00 21:30:00	11:45:00 21:45:00	10:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:00:00	C
	C	48H	10:45:00 21:45:00			11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:30:00	D
	D	48H	11:45:00 21:45:00	11:45:00 22:00:00			11:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	A
2	A	48H		10:45:00 21:15:00	10:45:00 21:30:00	10:45:00 21:30:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00		B
	B	48H			10:45:00 21:30:00	11:45:00 21:45:00	10:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:00:00	C
	C	48H	10:45:00 21:45:00			11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:30:00	D
	D	48H	11:45:00 21:45:00	11:45:00 22:00:00			11:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	A
3	A	48H		10:45:00 21:15:00	10:45:00 21:30:00	10:45:00 21:30:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00		B
	B	48H			10:45:00 21:30:00	11:45:00 21:45:00	10:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:00:00	C
	C	48H	10:45:00 21:45:00			11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:30:00	D
	D	48H	11:45:00 21:45:00	11:45:00 22:00:00			11:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	A
4	A	48H		10:45:00 21:15:00	10:45:00 21:30:00	10:45:00 21:30:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00		B
	B	48H			10:45:00 21:30:00	11:45:00 21:45:00	10:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:00:00	C
	C	48H	10:45:00 21:45:00			11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:00:00	11:45:00 22:30:00	11:45:00 22:30:00	D
	D	48H	11:45:00 21:45:00	11:45:00 22:00:00			11:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	10:45:00 22:00:00	A

Fuente: Compañía 2018

Cuadro 36: turno FT semanales

	Horarios FT de la semana			LUNES				MARTES				MIÉRCOLES				JUEVES				VIERNES				SÁBADO				DOMINGO			
	INICIO		FIN	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d	FT a	FT b	FT c	FT d
t1	10:45	a	11:00			Fc		Fa				Fa	Fb			Fa				Fb							Fd				Fd
t2	11:00	a	11:15			Fc		Fa				Fa	Fb			Fa				Fb							Fd				Fd
t3	11:15	a	11:30			Fc		Fa				Fa	Fb			Fa				Fb							Fd				Fd
t4	11:30	a	11:45			Fc		Fa				Fa	Fb			Fa				Fb							Fd				Fd
t5	11:45	a	12:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t6	12:00	a	12:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t7	12:15	a	12:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t8	12:30	a	12:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t9	12:45	a	13:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t10	13:00	a	13:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t11	13:15	a	13:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t12	13:30	a	13:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t13	13:45	a	14:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t14	14:00	a	14:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t15	14:15	a	14:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t16	14:30	a	14:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t17	14:45	a	15:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t18	15:00	a	15:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t19	15:15	a	15:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t20	15:30	a	15:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t21	15:45	a	16:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t22	16:00	a	16:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t23	16:15	a	16:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t24	16:30	a	16:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t25	16:45	a	17:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t26	17:00	a	17:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t27	17:15	a	17:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t28	17:30	a	17:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t29	17:45	a	18:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t30	18:00	a	18:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t31	18:15	a	18:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t32	18:30	a	18:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t33	18:45	a	19:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t34	19:00	a	19:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t35	19:15	a	19:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t36	19:30	a	19:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t37	19:45	a	20:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t38	20:00	a	20:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t39	20:15	a	20:30			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t40	20:30	a	20:45			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t41	20:45	a	21:00			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t42	21:00	a	21:15			Fc	Fd	Fa			Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t43	21:15	a	21:30			Fc	Fd				Fd	Fa	Fb			Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t44	21:30	a	21:45			Fc	Fd				Fd						Fb	Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t45	21:45	a	22:00								Fd							Fc		Fa	Fb	Fc	Fd	Fa	Fb	Fc	Fd		Fb	Fc	Fd
t46	22:00	a	22:15																	Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc				Fc	
t47	22:15	a	22:30																	Fa	Fb	Fc		Fa	Fb	Fc				Fc	

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de los empleados que pertenecen a cajeros FT, como las restricciones de horas semanales, días libres al mes e ir como máximo una vez al día a laborar se encuentran implícitas en el diseño de sus mallas de turnos; la única preocupación es asignarle una cantidad a cada tipo de rotación u horario (Fa, Fb, Fc, Fd). La cantidad de cajeros a tiempo completo por día estará definida por:

$$F_i = \sum_{k=0}^1 [Ft \times K]$$

$$\forall Ft \in \mathbb{F}_{1 \times 4} (Fa \quad \dots \quad Fd)$$

$$\forall K \in \mathbb{M}_{i \times 4} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \wedge \forall i = 1, 2, \dots, 7$$

F_i : Cantidad de cajeros FT en el día i

Teniendo ya definidas las variables de turnos que entran a tallar por cada día ($i = 1, \dots, 7$), se procede a unir en una sola malla semanal los turnos tanto de los cajeros FT como de los cajeros PT, quedando lo siguiente:

Cuadro 37: Distribución detallada de variables de turnos de cajeros

[illegible]

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar el cuadro presentado, a nivel de variables que participan por día y periodo (rango horario de 15min); ya es posible asignarle las restricciones inferiores y superiores a cada periodo.

La cantidad total de cajeros (suma de cajeros full time más cajeros part time) requerida que estará activa por turno, por día tendrá la siguiente abreviatura:

$$R_{ij}; \forall j = 1, 2, \dots, 47$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7$$

R_{ij} : Capacidad de cajeros en el día i , turno j

Gracias a contar con una malla muy detallada con las horas operativas de la compañía, y a su vez contar con horarios de cajeros part time muy flexibles y variados, los cuales suplen la rigidez de los horarios full time; se ha podido crear un modelo lo suficientemente complejo que permita obtener una solución óptima.

Para poder obtener un modelo que sea lo más fiel al entorno, se optó por incluir factores que influyan en la capacidad resultante:

Cuadro 38: Variables reductoras

Variable Reductora	% Permitido	
	FT	PT
% Incumplimiento al turno (Ausentismo, tardanzas, descanso médico y licencias)	11%	24%
% de vacaciones	12.50%	6.25%
- Total - Factor →	23.50%	30.25%
	76.50%	69.75%

Estos factores serán utilizados cuando se tenga que acotar los límites superior e inferior para cada combinación de:

$$R_{ij}; \forall j = 1, 2, \dots, 47$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7$$

Cuadro 39: Malla de horarios

	INICIO	FIN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
t1	10:45	a 11:00	R11	R21	R31	R41	R51	R61	R71
t2	11:00	a 11:15	R12	R22	R32	R42	R52	R62	R72
t3	11:15	a 11:30	R13	R23	R33	R43	R53	R63	R73
t4	11:30	a 11:45	R14	R24	R34	R44	R54	R64	R74
t5	11:45	a 12:00	R15	R25	R35	R45	R55	R65	R75
t6	12:00	a 12:15	R16	R26	R36	R46	R56	R66	R76
t7	12:15	a 12:30	R17	R27	R37	R47	R57	R67	R77
t8	12:30	a 12:45	R18	R28	R38	R48	R58	R68	R78
t9	12:45	a 13:00	R19	R29	R39	R49	R59	R69	R79
t10	13:00	a 13:15	R110	R210	R310	R410	R510	R610	R710
t11	13:15	a 13:30	R111	R211	R311	R411	R511	R611	R711
t12	13:30	a 13:45	R112	R212	R312	R412	R512	R612	R712
t13	13:45	a 14:00	R113	R213	R313	R413	R513	R613	R713
t14	14:00	a 14:15	R114	R214	R314	R414	R514	R614	R714
t15	14:15	a 14:30	R115	R215	R315	R415	R515	R615	R715
t16	14:30	a 14:45	R116	R216	R316	R416	R516	R616	R716
t17	14:45	a 15:00	R117	R217	R317	R417	R517	R617	R717
t18	15:00	a 15:15	R118	R218	R318	R418	R518	R618	R718
t19	15:15	a 15:30	R119	R219	R319	R419	R519	R619	R719
t20	15:30	a 15:45	R120	R220	R320	R420	R520	R620	R720
t21	15:45	a 16:00	R121	R221	R321	R421	R521	R621	R721
t22	16:00	a 16:15	R122	R222	R322	R422	R522	R622	R722
t23	16:15	a 16:30	R123	R223	R323	R423	R523	R623	R723
t24	16:30	a 16:45	R124	R224	R324	R424	R524	R624	R724
t25	16:45	a 17:00	R125	R225	R325	R425	R525	R625	R725
t26	17:00	a 17:15	R126	R226	R326	R426	R526	R626	R726
t27	17:15	a 17:30	R127	R227	R327	R427	R527	R627	R727
t28	17:30	a 17:45	R128	R228	R328	R428	R528	R628	R728
t29	17:45	a 18:00	R129	R229	R329	R429	R529	R629	R729
t30	18:00	a 18:15	R130	R230	R330	R430	R530	R630	R730
t31	18:15	a 18:30	R131	R231	R331	R431	R531	R631	R731
t32	18:30	a 18:45	R132	R232	R332	R432	R532	R632	R732
t33	18:45	a 19:00	R133	R233	R333	R433	R533	R633	R733
t34	19:00	a 19:15	R134	R234	R334	R434	R534	R634	R734
t35	19:15	a 19:30	R135	R235	R335	R435	R535	R635	R735
t36	19:30	a 19:45	R136	R236	R336	R436	R536	R636	R736
t37	19:45	a 20:00	R137	R237	R337	R437	R537	R637	R737
t38	20:00	a 20:15	R138	R238	R338	R438	R538	R638	R738
t39	20:15	a 20:30	R139	R239	R339	R439	R539	R639	R739
t40	20:30	a 20:45	R140	R240	R340	R440	R540	R640	R740
t41	20:45	a 21:00	R141	R241	R341	R441	R541	R641	R741
t42	21:00	a 21:15	R142	R242	R342	R442	R542	R642	R742
t43	21:15	a 21:30	R143	R243	R343	R443	R543	R643	R743
t44	21:30	a 21:45	R144	R244	R344	R444	R544	R644	R744
t45	21:45	a 22:00	R145	R245	R345	R445	R545	R645	R745
t46	22:00	a 22:15	R146	R246	R346	R446	R546	R646	R746
t47	22:15	a 22:30	R147	R247	R347	R447	R547	R647	R747

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro siguiente buscará los valores promedio y máximos por día del cuadro anterior para poder crear parte del sistema de restricciones bajo los cuales funcionará el PL.

Cuadro 40: Máximos y mínimos

INICIO	FIN	R 1j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 2j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 3j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 4j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 5j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 6j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij	R 7j	Rmin ij	RmaxDia ij	Rmax ij
			# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros		# Cajeros Prom	MAXIMO DEL DIA	Máx. # Cajeros
10:45	a 11:00	R11	2.40	18.30	4.00	R21	2.40	16.60	3.40	R31	2.40	24.30	3.50	R41	2.30	17.90	3.40	R51	2.50	19.20	4.00	R61	3.70	29.80	5.90	R71	3.10	28.90	5.30
11:00	a 11:15	R12	2.40	18.30	4.00	R22	2.40	16.60	3.40	R32	2.40	24.30	3.50	R42	2.30	17.90	3.40	R52	2.50	19.20	4.00	R62	3.70	29.80	5.90	R72	3.12	28.90	5.30
11:15	a 11:30	R13	2.40	18.30	4.00	R23	2.40	16.60	3.40	R33	2.40	24.30	3.50	R43	2.30	17.90	3.40	R53	2.50	19.20	4.00	R63	3.70	29.80	5.90	R73	3.12	28.90	5.30
11:30	a 11:45	R14	2.40	18.30	4.00	R24	2.40	16.60	3.40	R34	2.40	24.30	3.50	R44	2.30	17.90	3.40	R54	2.50	19.20	4.00	R64	3.70	29.80	5.90	R74	3.12	28.90	5.30
11:45	a 12:00	R15	2.40	18.30	4.00	R25	2.40	16.60	3.40	R35	2.40	24.30	3.50	R45	2.30	17.90	3.40	R55	2.50	19.20	4.00	R65	3.70	29.80	5.90	R75	3.12	28.90	5.30
12:00	a 12:15	R16	4.10	18.30	6.50	R26	4.70	16.60	8.70	R36	4.60	24.30	7.40	R46	4.90	17.90	8.70	R56	5.00	19.20	6.50	R66	8.20	29.80	13.10	R76	7.00	28.90	11.80
12:15	a 12:30	R17	4.10	18.30	6.50	R27	4.70	16.60	8.70	R37	4.60	24.30	7.40	R47	4.90	17.90	8.70	R57	5.00	19.20	6.50	R67	8.20	29.80	13.10	R77	7.00	28.90	11.80
12:30	a 12:45	R18	4.10	18.30	6.50	R28	4.70	16.60	8.70	R38	4.60	24.30	7.40	R48	4.90	17.90	8.70	R58	5.00	19.20	6.50	R68	8.20	29.80	13.10	R78	7.00	28.90	11.80
12:45	a 13:00	R19	4.10	18.30	6.50	R29	4.70	16.60	8.70	R39	4.60	24.30	7.40	R49	4.90	17.90	8.70	R59	5.00	19.20	6.50	R69	8.20	29.80	13.10	R79	7.00	28.90	11.80
13:00	a 13:15	R110	4.50	18.30	6.50	R210	4.60	16.60	8.30	R310	4.80	24.30	9.60	R410	4.90	17.90	7.90	R510	5.30	19.20	7.40	R610	9.10	29.80	14.00	R710	7.90	28.90	12.30
13:15	a 13:30	R111	4.50	18.30	6.50	R211	4.60	16.60	8.30	R311	4.80	24.30	9.60	R411	4.90	17.90	7.90	R511	5.30	19.20	7.40	R611	9.10	29.80	14.00	R711	7.90	28.90	12.30
13:30	a 13:45	R112	4.50	18.30	6.50	R212	4.60	16.60	8.30	R312	4.80	24.30	9.60	R412	4.90	17.90	7.90	R512	5.30	19.20	7.40	R612	9.10	29.80	14.00	R712	7.90	28.90	12.30
13:45	a 14:00	R113	4.50	18.30	6.50	R213	4.60	16.60	8.30	R313	4.80	24.30	9.60	R413	4.90	17.90	7.90	R513	5.30	19.20	7.40	R613	9.10	29.80	14.00	R713	7.90	28.90	12.30
14:00	a 14:15	R114	4.40	18.30	8.10	R214	4.40	16.60	6.70	R314	4.60	24.30	10.50	R414	4.60	17.90	6.70	R514	5.10	19.20	7.60	R614	9.60	29.80	15.20	R714	8.40	28.90	13.50
14:15	a 14:30	R115	4.40	18.30	8.10	R215	4.40	16.60	6.70	R315	4.60	24.30	10.50	R415	4.60	17.90	6.70	R515	5.10	19.20	7.60	R615	9.60	29.80	15.20	R715	8.40	28.90	13.50
14:30	a 14:45	R116	4.40	18.30	8.10	R216	4.40	16.60	6.70	R316	4.60	24.30	10.50	R416	4.60	17.90	6.70	R516	5.10	19.20	7.60	R616	9.60	29.80	15.20	R716	8.40	28.90	13.50
14:45	a 15:00	R117	4.40	18.30	8.10	R217	4.40	16.60	6.70	R317	4.60	24.30	10.50	R417	4.60	17.90	6.70	R517	5.10	19.20	7.60	R617	9.60	29.80	15.20	R717	8.40	28.90	13.50
15:00	a 15:15	R118	4.70	18.30	7.70	R218	4.60	16.60	8.00	R318	5.10	24.30	12.30	R418	5.20	17.90	7.60	R518	5.70	19.20	9.10	R618	10.60	29.80	16.10	R718	9.50	28.90	14.70
15:15	a 15:30	R119	4.70	18.30	7.70	R219	4.60	16.60	8.00	R319	5.10	24.30	12.30	R419	5.20	17.90	7.60	R519	5.70	19.20	9.10	R619	10.60	29.80	16.10	R719	9.50	28.90	14.70
15:30	a 15:45	R120	4.70	18.30	7.70	R220	4.60	16.60	8.00	R320	5.10	24.30	12.30	R420	5.20	17.90	7.60	R520	5.70	19.20	9.10	R620	10.60	29.80	16.10	R720	9.50	28.90	14.70
15:45	a 16:00	R121	4.70	18.30	7.70	R221	4.60	16.60	8.00	R321	5.10	24.30	12.30	R421	5.20	17.90	7.60	R521	5.70	19.20	9.10	R621	10.60	29.80	16.10	R721	9.50	28.90	14.70
16:00	a 16:15	R122	5.70	18.30	9.20	R222	6.10	16.60	9.80	R322	6.40	24.30	15.30	R422	6.30	17.90	9.70	R522	7.20	19.20	11.00	R622	12.50	29.80	21.10	R722	12.20	28.90	19.30
16:15	a 16:30	R123	5.70	18.30	9.20	R223	6.10	16.60	9.80	R323	6.40	24.30	15.30	R423	6.30	17.90	9.70	R523	7.20	19.20	11.00	R623	12.50	29.80	21.10	R723	12.20	28.90	19.30
16:30	a 16:45	R124	5.70	18.30	9.20	R224	6.10	16.60	9.80	R324	6.40	24.30	15.30	R424	6.30	17.90	9.70	R524	7.20	19.20	11.00	R624	12.50	29.80	21.10	R724	12.20	28.90	19.30
16:45	a 17:00	R125	5.70	18.30	9.20	R225	6.10	16.60	9.80	R325	6.40	24.30	15.30	R425	6.30	17.90	9.70	R525	7.20	19.20	11.00	R625	12.50	29.80	21.10	R725	12.20	28.90	19.30
17:00	a 17:15	R126	7.60	18.30	11.10	R226	7.60	16.60	12.20	R326	8.00	24.30	14.90	R426	8.10	17.90	11.80	R526	9.30	19.20	11.60	R626	14.10	29.80	22.00	R726	14.90	28.90	25.60
17:15	a 17:30	R127	7.60	18.30	11.10	R227	7.60	16.60	12.20	R327	8.00	24.30	14.90	R427	8.10	17.90	11.80	R527	9.30	19.20	11.60	R627	14.10	29.80	22.00	R727	14.90	28.90	25.60
17:30	a 17:45	R128	7.60	18.30	11.10	R228	7.60	16.60	12.20	R328	8.00	24.30	14.90	R428	8.10	17.90	11.80	R528	9.30	19.20	11.60	R628	14.10	29.80	22.00	R728	14.90	28.90	25.60
17:45	a 18:00	R129	7.60	18.30	11.10	R229	7.60	16.60	12.20	R329	8.00	24.30	14.90	R429	8.10	17.90	11.80	R529	9.30	19.20	11.60	R629	14.10	29.80	22.00	R729	14.90	28.90	25.60
18:00	a 18:15	R130	9.70	18.30	15.30	R230	9.50	16.60	16.10	R330	9.90	24.30	18.20	R430	10.00	17.90	14.50	R530	11.40	19.20	15.40	R630	16.80	29.80	26.00	R730	18.10	28.90	26.10
18:15	a 18:30	R131	9.70	18.30	15.30	R231	9.50	16.60	16.10	R331	9.90	24.30	18.20	R431	10.00	17.90	14.50	R531	11.40	19.20	15.40	R631	16.80	29.80	26.00	R731	18.10	28.90	26.10
18:30	a 18:45	R132	9.70	18.30	15.30	R232	9.50	16.60	16.10	R332	9.90	24.30	18.20	R432	10.00	17.90	14.50	R532	11.40	19.20	15.40	R632	16.80	29.80	26.00	R732	18.10	28.90	26.10
18:45	a 19:00	R133	9.70	18.30	15.30	R233	9.50	16.60	16.10	R333	9.90	24.30	18.20	R433	10.00	17.90	14.50	R533	11.40	19.20	15.40	R633	16.80	29.80	26.00	R733	18.10	28.90	26.10
19:00	a 19:15	R134	10.80	18.30	18.30	R234	10.70	16.60	16.60	R334	11.20	24.30	24.30	R434	11.40	17.90	17.90	R534	13.00	19.20	19.20	R634	17.60	29.80	27.50	R734	18.50	28.90	28.90
19:15	a 19:30	R135	10.80	18.30	18.30	R235	10.70	16.60	16.60	R335	11.20	24.30	24.30	R435	11.40	17.90	17.90	R535	13.00	19.20	19.20	R635	17.60	29.80	27.50	R735	18.50	28.90	28.90
19:30	a 19:45	R136	10.80	18.30	18.30	R236	10.70	16.60	16.60	R336	11.20	24.30	24.30	R436	11.40	17.90	17.90	R536	13.00	19.20	19.20	R636	17.60	29.80	27.50	R736	18.50	28.90	28.90
19:45	a 20:00	R137	10.80	18.30	18.30	R237	10.70	16.60	16.60	R337	11.20	24.30	24.30	R437	11.40	17.90	17.90	R537	13.00	19.20	19.20	R637	17.60	29.80	27.50	R737	18.50	28.90	28.90
20:00	a 20:15	R138	10.60	18.30	16.40	R238	10.20	16.60	16.10	R338	10.80	24.30	22.00	R438	10.50	17.90	14.90	R538	12.70	19.20	19.00	R638	16.20	29.80	29.80	R738	15.80	28.90	24.50
20:15	a 20:30	R139	10.60	18.30	16.40	R239	10.20	16.60	16.10	R339	10.80	24.30	22.00	R439	10.50	17.90	14.90	R539	12.70	19.20	19.00	R639	16.20	29.80	29.80	R739	15.80	28.90	24.50
20:30	a 20:45	R140	10.60	18.30	16.40	R240	10.20	16.60	16.10	R340	10.80	24.30	22.00	R440	10.50	17.90	14.90	R540	12.70	19.20	19.00	R640	16.20	29.80	29.80	R740	15.80	28.90	24.50
20:45	a 21:00	R141	10.60	18.30	16.40	R241	10.20	16.60	16.10	R341	10.80	24.30	22.00	R441	10.50	17.90	14.90	R541	12.70	19.20	19.00	R641	16.20	29.80	29.80	R741	15.80	28.90	24.50
21:00	a 21:15	R142	7.30	18.30	13.00	R242	7.50	16.60	13.20	R342	7.80	24.30	15.90	R442	8.00	17.90													

Las restricciones para cada R_{ij} estarán sujetas a cumplir con el promedio como límite inferior, y por el límite superior tendrá que ser menor a la cantidad máxima requerida en el día; no sin antes ser afectado por la variable reductora que hará que el ejercicio/problema teórico se refleje más a la realidad.

$$Rmin_{ij} \leq Var_{Reduccion} \times R_{ij} \leq RmaxDia_{ij}$$

$$Rmin_{ij} \leq (VarFT_{Reducción} \times F_{ij}) + (VarPT_{Reducción} \times P_{ij}) \leq RmaxDia_{ij}$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, 42$$

Una vez planteadas las restricciones numéricas que regirán los valores diarios, se tendrá como siguiente objetivo la declaración de variables menores que alimentan las restricciones anteriores:

$$\forall Fa, Fb, Fc, Fd \in \mathbb{Z}^+$$

$$P_{ij} \in \mathbb{Z}^+; \forall i = 1, 2, \dots, 7; \forall j = 1, 2, \dots, 42$$

Después de haber declarado la naturaleza de las variables menores, se tendrá que hacer lo propio con las variables que dependen de estas:

$$CantPT = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{P_i}{4}\right)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, 7; \forall CantPT \in \mathbb{Z}^+$$

CantPT: Cantidad de cajeros PT necesarios a la semana

P_i: Cantidad de cajeros PT necesarios en el día i

En las restricciones mostradas en la parte superior se busca obtener que la suma de Cajeros PT necesarios por día sea un múltiplo de 4; ya que cada cajero PT debe elegir 4 días para asistir a laborar; por lo que esta restricción nos da un número óptimo de cajeros PT que tendrá las horas asignadas sin que falte o sobre para completar las 18 horas semanales necesarias.

Ahora como parte final del PL se tendrá que formular las funciones objetivo que harán el modelo se acerque al óptimo sin dejar de cumplir con las restricciones formuladas

previamente. La primera función o expresión por optimizar será los costos involucrados a la contratación de más cajeros:

$$@MIN(Sueldos) = 3,559 \times (Fa + Fb + Fc + Fd) + 1040 \times CantPT$$

Y la segunda parte de restricciones objetivo supervisarán que la cantidad cajeros necesarios por día sea la mínima, para así poder minimizar las contrataciones.

$$P_i = @MIN\left(\sum_{j=1}^8 P_{ij}\right)$$

$$\forall j = 1, 2, \dots, 8$$

Para mayor análisis, se podrá encontrar las restricciones del modelo en el Anexo 1.

Todas las variables, restricciones y funciones objetivo fueron declaradas en el software Lingo; quedando parte de las restricciones como se muestra:

Figura 40: Modelo Lingo resumido

```

Lingo 17.0 - [Lingo Model - PL horario real (min + d.est)]
File Edit Solver Window Help

@GIN (P75);
@GIN (P76);
@GIN (P77);
@GIN (P78);
@GIN (Fa);
@GIN (Fb);
@GIN (Fc);
@GIN (Fd);
@GIN (CantPT);
@GIN (P1);
@GIN (P2);
@GIN (P3);
@GIN (P4);
@GIN (P5);
@GIN (P6);
@GIN (P7);

|

MIN = Sueldos;

CantPT = (P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7)/4;

Sueldos = 3559*(Fa+Fb+Fc+Fd) + 1040*(CantPT);

P1=@smin(P11+P12+P13+P14+P15+P16+P17+P18);
P2=@smin(P21+P22+P23+P24+P25+P26+P27+P28);
P3=@smin(P31+P32+P33+P34+P35+P36+P37+P38);
P4=@smin(P41+P42+P43+P44+P45+P46+P47+P48);
P5=@smin(P51+P52+P53+P54+P55+P56+P57+P58);
P6=@smin(P61+P62+P63+P64+P65+P66+P67+P68);
P7=@smin(P71+P72+P73+P74+P75+P76+P77+P78);

R11=Fc;
R12=Fc+P11;
R13=Fc+P11;
R14=Fc+P11;

```

Fuente Elaboración propia.

La solución del modelo de Programación Lineal Mixta de Enteros requirió el uso de 440 iteraciones donde se encontró que la mejor solución nos da un valor de 78,183 como el costo ideal para la función objetivo

Figura 41: Resultados Lingo

Fuentes: Elaboración Propia

Las variables de interés y que no requieren de mayor operación o ajuste para asignarles horarios, son los valores que toman la cantidad de cajeros FT.

Full Time	Cantidad de cajeros
FA	4
FB	4
FC	4
FD	5

Y la cantidad de cajeros PT totales y por día estará definida por las variables siguientes:

CANTPT	17
P1	13
P2	8
P3	15
P4	8
P5	4
P6	7
P7	13

La herramienta Lingo nos ha brindado la cantidad de cajeros FT que cubrirán los distintos tipos de horarios, mientras que por otro lado solo nos ha podido dar la cantidad total de

cajeros PT a contratar, más no su malla de horarios con la que cumpliría lo desarrollado en el modelo de PLME (Programación Lineal Mixta de Enteros).

3.1.1.4.1 Solver:

Ya que los valores pueden cambiar con nuevos ajustes a la demanda, lo ideal sería hacer uso de la herramienta Solver que nos brinde las mallas horarias de los cajeros PT, será necesario elaborar una plantilla que su único trabajo será elaborar los horarios de los 17 cajeros PT que se deben contratar.

Para poder agilizar el procesamiento de la herramienta Solver, será necesario poder elegir un motor de procesamiento adecuado que nos ayude a llegar a la solución final lo más rápido posible. La naturaleza de las restricciones que se tomarán es de carácter lineal, con valores enteros y binarios. Un motor de procesamiento ideal para este modelo de PL y PLME es el Motor de optimización Gurobi, el cual es ampliamente usado como motor de optimización en todo el mundo.

Figura 42: Motor de optimización

Fuente: Elaboración Propia

Se crean las restricciones debidas en el Solver, como son:

- Para el Cajero PT i será necesario asistir como máximo a un turno por día
- Los Cajeros PT deben asistir exactamente 4 veces a la semana

- La cantidad de Cajeros PT de tipo P_{ij} que fue obtenida del Lingo debe cumplirse al 100%

Las restricciones son enunciadas con la ayuda de funciones básicas del Excel, se elige una celda objetivo para que tome el valor de 17 que sería el total de cajeros PT a contratar en la semana. Como se observa en la siguiente imagen:

Figura 43: Modelo Solver

Fuente: Elaboración propia

Como paso final de esta parte, se procederá a llenar los espacios dentro de la malla de horarios con la ayuda del Solver.

Cuadro 41: Plantilla antes de generar horarios

[illegible]

Fuente: Elaboración Propia

Figura 44: Resultado del Solver (Plantilla de cajeros PT)

CantPT	LUNES								MARTES								MIERCOLES								JUEVES								VIERNES								SABADO								DOMINGO															
	PART TIME								PART TIME								PART TIME								PART TIME								PART TIME								PART TIME								PART TIME															
	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P71	P72	P73	P74	P75	P76	P77	P78								
Cajeros	0	0	0	2	0	0	0	11	0	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	4	7	2	STATUS DE RESTRICCIONES							
CAJERO PT 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	OK	1	1	1	-	-	-	1						
CAJERO PT 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	-	1	-	1								
CAJERO PT 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	1	1	1	-	1	-	-							
CAJERO PT 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	1	-	-	1								
CAJERO PT 5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	1	1	-	-	-	1								
CAJERO PT 6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	1	-	-	1								
CAJERO PT 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	1	1	-	-	-	1								
CAJERO PT 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	-	-	1	1								
CAJERO PT 9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	-	-	1	1								
CAJERO PT 10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	1	1	1	1	-	-	-								
CAJERO PT 11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	-	1	1	-	-	1								
CAJERO PT 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	-	-	1	1	-	1	1								
CAJERO PT 13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	OK	1	1	1	-	-	-	1								
CAJERO PT 14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	1	-	1	1	-	1	-								
CAJERO PT 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	-	1	-	1	1	1	-								
CAJERO PT 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	-	1	-	1	-	1	1								
CAJERO PT 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	OK	-	-	1	-	1	1	1								
	0	0	0	2	0	0	0	11	0	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	0	4	7	2	17								
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK					

Fuente: Elaboración Propia

La sección de Staffing y Scheduling culminará con la creación de los horarios y asignación de los distintos horarios a los 2 tipos de cajeros. Como resultante se tendrá un cuadro con las capacidades operativas por periodo:

Cuadro 42: Capacidad operativa por periodo y día

	INICIO	FIN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
t1	10:45	a 11:00	4	4	8	4	4	5	5
t2	11:00	a 11:15	4	4	8	4	4	5	5
t3	11:15	a 11:30	4	4	8	4	4	5	5
t4	11:30	a 11:45	4	4	8	4	4	5	5
t5	11:45	a 12:00	9	9	8	12	17	17	13
t6	12:00	a 12:15	9	9	8	12	17	17	13
t7	12:15	a 12:30	9	9	8	12	17	17	13
t8	12:30	a 12:45	9	9	8	12	17	17	13
t9	12:45	a 13:00	9	9	8	12	17	17	13
t10	13:00	a 13:15	9	9	8	12	17	17	13
t11	13:15	a 13:30	9	9	8	12	17	17	13
t12	13:30	a 13:45	9	9	8	12	17	17	13
t13	13:45	a 14:00	9	9	8	12	17	17	13
t14	14:00	a 14:15	11	11	9	12	17	17	13
t15	14:15	a 14:30	11	11	9	12	17	17	13
t16	14:30	a 14:45	11	11	9	12	17	17	13
t17	14:45	a 15:00	11	11	9	12	17	17	13
t18	15:00	a 15:15	11	11	9	12	17	17	13
t19	15:15	a 15:30	11	11	9	12	17	17	13
t20	15:30	a 15:45	11	11	9	12	17	17	13
t21	15:45	a 16:00	11	11	9	12	17	17	13
t22	16:00	a 16:15	11	11	9	12	17	19	17
t23	16:15	a 16:30	11	11	9	12	17	19	17
t24	16:30	a 16:45	11	11	9	12	17	19	17
t25	16:45	a 17:00	11	11	9	12	17	19	17
t26	17:00	a 17:15	11	11	11	12	17	23	24
t27	17:15	a 17:30	11	11	11	12	17	23	24
t28	17:30	a 17:45	11	11	11	12	17	23	24
t29	17:45	a 18:00	11	11	11	12	17	23	24
t30	18:00	a 18:15	22	17	23	20	21	24	26
t31	18:15	a 18:30	22	17	23	20	21	24	26
t32	18:30	a 18:45	20	15	22	20	21	24	26
t33	18:45	a 19:00	20	15	22	20	21	24	26
t34	19:00	a 19:15	20	15	22	20	21	24	26
t35	19:15	a 19:30	20	15	22	20	21	24	26
t36	19:30	a 19:45	20	15	22	20	21	24	26
t37	19:45	a 20:00	20	15	22	20	21	24	26
t38	20:00	a 20:15	20	15	22	20	21	24	26
t39	20:15	a 20:30	20	15	22	20	21	24	26
t40	20:30	a 20:45	20	15	22	20	21	22	22
t41	20:45	a 21:00	20	15	22	20	21	22	22
t42	21:00	a 21:15	20	15	22	20	21	22	22
t43	21:15	a 21:30	20	11	22	20	21	22	22
t44	21:30	a 21:45	20	11	12	16	21	18	15
t45	21:45	a 22:00	11	11	12	12	21	18	15
t46	22:00	a 22:15	11	6	12	8	4	13	6
t47	22:15	a 22:30	11	6	12	8	4	13	6

Fuente: Elaboración Propia

Como se ha podido observar, el modelo de PL nos ha brindado los datos necesarios y precisos para poder mejorar la asignación de recursos que cumplan los niveles mínimos establecidos previamente

VALIDACION ECONOMICA

Para poder hacer una correcta medición y comprobación de los beneficios económicos será necesario hacer la comparación entre el modelo actual y el modelo propuesto por el PL. A continuación, se muestra el cuadro comparativo de cajeros full time y part time que se encentrarán en ambos escenarios:

Cuadro 43: Comparativo Modelo Actual vs PL

ACTUAL	Full Time	Part Time	Total Cantidad
Sistema Actual	22	20	42
Remuneración	S/ 3,559.00	S/ 1,040.00	-
Costo Escenario Actual	S/ 78,298.00	S/ 20,800.00	S/ 99,098.00

PL	Full Time	Part Time	Total Cantidad
Resultados PL	17	17	34
Remuneración	S/ 3,559.00	S/ 1,040.00	-
Costo Escenario PL	S/ 60,503.00	S/ 17,680.00	S/ 78,183.00

Fuente: Elaboración propia

El modelo muestra un ahorro aproximado de s/. 20,915.00 soles mensuales durante un mes regular, el cual representa un ahorro del 21.11%, este resultado puede ser extrapolado a la situación de los demás locales pudiendo significar un ahorro sustancial para la empresa.

3.2.2 Desarrollo de la propuesta de estudio de tiempos para la cantidad de asistentes de ventas por división.

En el caso del problema 2:

Bajo nivel de satisfacción por la disponibilidad de asesores de venta.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 45: Índice de Satisfacción Neta de Disponibilidad de Asesores de venta

Fuente: Elaboración propia

En la compañía se ha registrado bajos nivel de satisfacción de disponibilidad de asistentes de venta, es decir los clientes no encuentran la disponibilidad de estos cuando más los necesitan, generando impactos negativos en la reputación y ventas perdidas por falta de atención.

En el Capítulo 2 se encontró las siguientes causas raíz con respecto a este problema:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Mala asignación de cantidad de asistentes de venta por división.
- Sobredotación de asistentes de ventas en hora valle.
- Subdotación de asistente de ventas en horas pico.

Finalmente, por lo antes expuesto se propone realizar un estudio de tiempos y movimientos para las posiciones de asistentes de ventas esto en base a la siguiente información encontrada:

- Actividades de asistentes de ventas
- Tiempos estándares de los asistentes de ventas
- Unidades vendidas por división del año 2017
- Los metros cuadrados por división de la tienda.
- % de Ausentismo y Vacaciones por posición Full Time y Part Time.

3.2.2.1 Registrar información del método de trabajo actual

Se procedió a realizar el estudio de tiempos de las actividades que realiza el asistente de venta, esto con el fin de determinar el tiempo estándar de las actividades, la necesidad de horas en base a las unidades vendidas y la cantidad de asistentes de ventas o asesores por división.

Se toma como muestra para todas las actividades, para lo cual se considera la frecuencia que hacen las actividades a la semana, así mismo se entrevistan a los asistentes de ventas sobre el promedio de clientes que atienden, o la cantidad de ropa que doblan por minutos. Cabe considerar que este estudio de tiempos se realizó con parte del equipo de productividad.

Luego con cronómetros en mano se toman los tiempos respectivos y se indica al asistente de venta que realice sus actividades de manera regular, sin influencia del equipo de estudio de tiempos.

El estudio de tiempos se realizó en las siguientes divisiones de estudio:

- Mujer
- Hombre
- Calzado
- Deporte
- Decohogar
- Probadores
- RTO

Cuadro 44: Ficha de información de toma de tiempos

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPOS

Tienda:		Santa Anita																														
Área/Piso:		Mujer																														
Cargo:		Asistente de venta																														
N°	Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Promedio
1	Verificar desabastecimiento de prendas en comer	8.59	9.81	8.96	9.64	9.37	9.51	10.15	9.73	9.38	9.57	9.16	9.48	9.32	9.64	9.33	9.62	9.62	9.17	9.49	9.61	9.67	9.39	9.81	9.53	9.54	9.10	9.40	9.46	9.21	9.24	9.45
2	Reponer mercadería	34.27	40.32	38.56	38.47	41.88	40.7	40.82	40.42	37.72	39.33	38.94	41.1	39.67	39.53	39.68	38.74	40.47	40.47	38.56	40.11	39.56	40.07	39.55	38.87	38.99	38.36	39.11	39.83	38.88	41.12	39.47
3	Ordenar mercadería	1.6	1.48	0.87	1.55	1.75	0.84	1.07	1.07	1.3	0.92	0.52	1.66	0.87	1.77	1.38	1.1	0.86	1.25	0.89	0.99	1.12	1.39	0.99	1.31	1.54	1.47	1.5	1.1	1.33	0.81	1.21
4	Ordenar ABC	127.37	119.43	116.70	118.33	116.31	114.41	115.51	118.15	114.72	116.32	114.92	118.07	115.78	117.10	116.63	118.61	118.88	116.47	117.89	118.52	113.26	116.62	116.45	116.94	115.51	115.82	119.70	116.25	118.10	116.03	117.16
5	Empiochar	0.49	0.51	0.46	0.51	0.49	0.37	0.55	0.46	0.51	0.48	0.43	0.55	0.31	0.26	0.44	0.32	0.48	0.40	0.46	0.40	0.65	0.36	0.41	0.62	0.43	0.51	0.56	0.50	0.52	0.36	0.46
6	Tallado	0.11	0.22	0.32	0.32	0.26	0.20	0.21	0.23	0.29	0.24	0.29	0.11	0.26	0.32	0.20	0.23	0.23	0.30	0.35	0.25	0.15	0.25	0.24	0.27	0.12	0.30	0.18	0.24	0.36	0.15	0.24
7	Atender Clientes	0.57	0.60	0.80	0.72	0.68	0.59	0.64	0.73	0.68	0.62	0.76	0.78	0.66	0.77	0.50	0.85	0.71	0.66	0.63	0.93	0.77	0.74	0.59	0.71	0.51	0.65	0.78	0.80	0.75	0.82	0.70
8	Verificar precios	0.21	0.22	0.24	0.30	0.29	0.28	0.21	0.26	0.22	0.26	0.25	0.26	0.26	0.21	0.21	0.29	0.25	0.26	0.28	0.21	0.25	0.20	0.27	0.21	0.28	0.24	0.29	0.26	0.22	0.31	0.25
9	Colocar precios y/o etiquetas	17.07	17.67	17.25	19.79	17.39	17.66	19.72	18.90	18.30	18.57	17.68	19.04	18.03	17.28	17.86	18.88	18.82	15.81	18.15	16.76	20.22	17.72	19.02	17.27	18.87	16.77	19.30	17.26	19.45	17.09	18.12
10	Colocar descuentos	0.03	0.06	0.08	0.07	0.08	0.06	0.08	0.09	0.08	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.06	0.08	0.07	0.05	0.07	0.07
11	Contar mercadería sensible	30.47	27.67	31.69	31.67	27.64	28.80	29.88	31.32	29.38	27.13	27.42	29.41	26.98	26.82	28.71	26.94	27.93	29.23	27.06	29.89	29.67	30.58	29.42	31.04	28.62	29.93	27.14	28.72	28.51	26.73	28.88
12	Apoyo Visual	58.26	56.76	57.97	59.27	55.40	62.15	59.20	57.34	53.72	56.23	54.10	59.95	58.00	55.63	56.39	55.29	55.31	60.74	56.58	57.27	60.03	60.33	57.94	56.93	52.86	54.27	55.98	58.45	59.14	56.01	57.25
13	Apoyo Probadores	44.06	44.39	43.23	42.31	43.85	45.46	44.91	40.73	43.77	41.49	45.33	44.14	43.75	49.05	44.02	43.29	44.86	42.16	44.89	44.96	47.04	40.95	42.01	42.54	42.52	41.03	47.82	44.47	44.19	47.98	44.04
14	Entregar prendas en otras areas	2.41	1.96	1.85	2.09	1.94	1.99	2.13	1.96	1.94	2.08	1.93	2.06	2.00	1.82	2.04	1.90	1.94	1.75	1.85	2.38	1.82	1.92	2.17	2.07	2.03	1.90	2.24	1.87	2.13	1.83	2.00
15	Traerganchos	1.12	1.23	1.28	1.25	1.29	1.25	1.21	1.28	1.28	1.30	1.27	1.25	1.30	1.22	1.22	1.21	1.31	1.25	1.29	1.27	1.27	1.26	1.24	1.26	1.29	1.25	1.24	1.34	1.29	1.28	1.26
16	Reubicar mercadería	3.75	3.77	3.99	4.05	3.80	4.31	4.06	4.19	4.35	4.23	4.39	4.00	4.29	4.32	4.32	4.38	4.30	4.08	4.06	4.10	4.41	3.44	3.77	4.37	4.26	4.44	4.68	3.80	3.81	4.18	4.13
17	Traer mercadería de plataforma	22.08	20.40	21.18	21.66	19.03	21.28	21.30	20.75	20.73	20.31	19.55	19.90	22.03	21.91	21.47	21.08	19.54	21.41	20.05	20.32	20.70	21.92	20.45	21.18	20.32	20.04	19.51	21.04	20.68	20.68	20.75
18	Traer piochas	1.86	2.00	1.92	1.82	1.92	1.99	1.83	1.92	1.82	1.86	1.82	2.00	1.82	1.94	1.90	1.87	1.76	1.87	1.80	1.84	1.85	1.86	1.84	1.97	1.73	1.89	1.93	1.81	1.82	1.84	1.87
19	Recoger ganchos	0.62	0.55	0.64	0.63	0.60	0.63	0.61	0.61	0.64	0.63	0.62	0.62	0.63	0.61	0.65	0.60	0.64	0.63	0.67	0.58	0.61	0.63	0.61	0.59	0.65	0.67	0.56	0.66	0.57	0.64	0.62

Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener el tiempo promedio normal se calculan la valoración y los suplementos en respectivos, para la valoración se eligió 125% ya que los asistentes de ventas entrevistados para este estudio eran muy hábiles con sus actividades y mantenían un ritmo superior al ritmo estándar.

Con respecto a los suplementos que calcularon en función a los siguientes aspectos :

Cuadro 45: Suplementos aplicados

Suplementos	%
Por fatiga básica	4%
Por ejecutar trabajo de pie	2%
Empleo de fuerza de vigor	2%
Monotonía	1%
Total	9%

Fuente: Elaboración propia

Luego de esto calculamos el tiempo estándar bajo la siguiente fórmula :

$$TS = TN * (1 + \%S)$$

Cuadro 46: Calculo del Tiempo Estándar del asistente de venta

N°	Actividades	Valoración	Suplementos	Tiempo Estandar
1	Verificar desabastecimiento de prendas en corner	1.25	0.09	12.87
2	Reponer mercadería	1.25	0.09	53.78
3	Ordenar mercadería	1.25	0.09	1.65
4	Ordenar ABC	1.25	0.09	159.64
5	Empiochar	1.25	0.09	0.62
6	Tallado	1.25	0.09	0.33
7	Atender Clientes	1.25	0.09	0.96
8	Verificar precios	1.25	0.09	0.34
9	Colocar precios y/o etiquetas	1.25	0.09	24.69
10	Colocar descuentos	1.25	0.09	0.09
11	Contar mercadería sensible	1.25	0.09	39.35
12	Apoyo Visual	1.25	0.09	78.00
13	Apoyo Probadores	1.25	0.09	60.00
14	Entregar prendas en otras areas	1.25	0.09	2.72
15	Traerganchos	1.25	0.09	1.72
16	Reubicar mercadería	1.25	0.09	5.62
17	Traer mercadería de plataforma	1.25	0.09	28.27
18	Traer piochas	1.25	0.09	2.55
19	Recoger ganchos	1.25	0.09	0.84

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestran la plantilla de la tienda Santa Anita y las cantidad finales de asistentes de venta por división.

Cuadro 47: Resumen Final de Estudio de Tiempos para la división de Mujer

					% Crecimiento	20%
Actividad	Tipo	Tstd (min)	MON	SMG	Obs.	Santa Anita
Verificar desabastecimiento de prendas en corner		12.87			1 vez/día	135.1
			Prendas Rec			
Reponer mercadería	Sin Lean	84.80	50		Sin Lean	
	Con Lean	53.78	100		Con Lean	271
					Sin Lean	
	% Ítems Arreglados	100%			Con Lean	303
Ordenar mercadería	Doblado UP	0.54	0.70	0.38		245
	Doblado Down	0.54	0.70	0.38		193
	Colgado	0.57	0.26	0.88		267
	% Doblado UP					30.0%
	% Doblado Down					23.6%
	% Colgado					46.4%
Ordenar ABC		159.64	174.46	144.81	x semana	7.2
Empiochar		0.62		0.62	x unidad	94
Tallado		0.33	0.21	0.45	x unidad	166
Atender Clientes		0.96	0.82	1.10	40%	194
Verificar precios		0.34	0.34		x unidad	51
Colocar precios y/o etiquetas		24.69	23.94	25.43	x UE	31
Colocar descuentos		0.09	0.09		x unidad	45
Contar mercadería sensible		39.35	49.41	29.29	x UE	49
Apoyo Visual		78.00	66.00	90.00	3 veces por semana	16.9
Apoyo Probadores		60.00	60.00	60.00	1 vez por día	30
Entregar prendas en otras areas		2.72		2.72	5 vez/día	7
Otros		39.00			1 vez/día	37
Traer ganchos	1.72					
Reubicar mercadería	5.62					
Traer mercadería de plataforma	28.27					
Traer piochos	2.55					
Recoger ganchos	0.84					
# de probadores						2.0
Unidades Mujer						30,265
# Corners						21
Metros cuadrados						1,133
Total Requerido (horas / mes)						1,839
Dotación Equivalente Real al 01 Jul		Hrs Mes				
Asistente de Venta		199				18
Asistente de Venta PT		78				16
Dot Equivalente		277			Dot Eq.	24
Horas Disponibles		Factor Vacac	Factor Ausent			
Asistente de Venta		0.875	0.019			3,077
Asistente de Venta PT		0.938	0.033			1,131
Total Dispo (horas/mes)						4,208
Ratio Productividad Prom Mes			Unid/H-H			6.1
Cobertura Mensual						229%
Utilización H-H Real						44%
Utilización H-H Esperada						85%
Dotación Equivalente Sugerida						12.34
Dotacion Sugerida		Hrs Mes	Equiv.	Peso Dotación		
Asistente de Venta		199	1.000	75%		9
Asistente de Venta PT		78	0.375	25%		8
Dot Equivalente		277			Dot Eq.	12
						Dif Dot Eq.
						-12
						Total de personas
						17
						% de Full Time
						53%
						% de Part Time
						47%
						# a reducir Full time
						-9
						# a reducir Part time
						-8
						# Diferencia Eq
						-12

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 48: Resultados de Dotación Tienda Santa Anita

DIVISION	TIENDA	Santa Anita
TOTAL	FT	43
	FT ACTUAL	50
	DIFERENCIA	-7
	PT	38
	PT ACTUAL	43
	DIFERENCIA	-5
	DOT EQ.	57
	EQ. ACTUAL	66
	DIFERENCIA	-9
MUJER	FT	9
	FT ACTUAL	18
	DIFERENCIA	-9
	PT	8
	PT ACTUAL	16
	DIFERENCIA	-8
	DOT EQ.	12
	EQ ACTUAL	24
	DIFERENCIA	-12
HOMBRE	FT	8
	FT ACTUAL	11
	DIFERENCIA	-3
	PT	7
	PT ACTUAL	4
	DIFERENCIA	3
	DOT EQ.	11
	EQ ACTUAL	13
	DIFERENCIA	-1
INFANTIL	FT	5
	FT ACTUAL	8
	DIFERENCIA	-3
	PT	5
	PT ACTUAL	10
	DIFERENCIA	-5
	DOT EQ.	7
	EQ ACTUAL	12
	DIFERENCIA	-5
DEPORTE	FT	6
	FT ACTUAL	2
	DIFERENCIA	4
	PT	5
	PT ACTUAL	3
	DIFERENCIA	2
	DOT EQ.	8
	EQ ACTUAL	3
	DIFERENCIA	5
DECO	FT	3
	FT ACTUAL	2
	DIFERENCIA	1
	PT	3
	PT ACTUAL	1
	DIFERENCIA	2
	DOT EQ.	4
	EQ ACTUAL	2
	DIFERENCIA	2
CALZADO	FT	5
	FT ACTUAL	4
	DIFERENCIA	1
	PT	4
	PT ACTUAL	4
	DIFERENCIA	0
	DOT EQ.	7
	EQ ACTUAL	6
	DIFERENCIA	1
PROBADORES	FT	4
	FT ACTUAL	3
	DIFERENCIA	1
	PT	4
	PT ACTUAL	2
	DIFERENCIA	2
	DOT EQ.	6
	EQ ACTUAL	4
	DIFERENCIA	2
RTO	FT	2
	FT ACTUAL	2
	DIFERENCIA	0
	PT	1
	PT ACTUAL	3
	DIFERENCIA	-2
	DOT EQ.	2
	EQ ACTUAL	3
	DIFERENCIA	-1

Fuente: Estudio de Tiempos 2018

3.1.2 Hacer

Luego de haber realizado las propuestas de mejora de los problemas encontrados en el capítulo 2, es necesario aplicar el HACER de la metodología PHVA. En este apartado, desarrollaremos y formalizaremos nuestros procesos, para ser entregados y entendidos por la compañía en estudio.

Para esto nos ayudaremos de herramientas de caracterización de procesos y de las metodologías de gestión por procesos como lo son:

- Flujogramas mediante de la notación BPMN con el Software Bizagui.
- SIPOCS de los procesos propuestos.
- Procedimientos formalizados.
- Indicadores.

Enseguida se presentarán los dos procedimientos formalizados estos son:

- Proceso de programación de cajeros.
- Proceso de seguimiento de asistentes de venta.

Figura 46: Proceso de programación de horarios de cajeros

Fuente: Elaboración propia

Figura 47: SIPOC de programación de horario de cajeros

Fuente: Elaboración propia

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION: 01
TITULO:	PROGRAMACIÓN DE HORARIO DE CAJEROS		PAGINA: 106 de 230

RESPONSABLE: Seguimiento y Gestión de Operaciones

CÓDIGO: OP-001

FECHA DE EMISIÓN: 01/10/2018

FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 01/10/2018

VERSIÓN: 1.1

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones y lineamientos que permitan establecer el control y cálculo de los horarios de cajeros, de los colaboradores de las Tiendas por departamento.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es administrado por la Gerencia de Seguimiento y Gestión de Operaciones. El alcance es a todos los colaboradores de las sucursales de las Tiendas por Departamento.

3.DEFINICIONES

Minitab: Software estadístico

Solver: Software matemático

Erlang: Distribución para asignar recursos

4. POLÍTICAS Y CONSIDERACIONES LEGALES

- La jornada semanal no puede superar las 48 horas.
- No se pueden generar más de 6 días consecutivos de trabajo en jornadas FT
- El tiempo de refrigerio no podrá ser inferior a los 45 minutos.
- El colaborador está en la obligación de registrar sus cuatro marcaciones en el día.
- Los horarios entregados, deben ser firmados por el colaborador.

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION: 01
TITULO:	PROGRAMACIÓN DE HORARIO DE CAJEROS		PAGINA: 107 de 230

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Solicitar horarios de cajeros para el siguiente periodo	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El jefe de RRHH debe solicitar al área de Operaciones Centrales, los horarios de los cajeros todos los primeros lunes de cada mes para la programación del siguiente mes. 2. Una vez enviado el correo, se deberá hacer seguimiento y en un plazo no menor de 1 semana se deben entregar los horarios finales a los colaboradores. 	Jefe de RRHH
Recepcionar solicitud de horarios	
<ol style="list-style-type: none"> 3. El analista a cargo deberá consolidar la solicitud de horarios de todas las tiendas por departamentos, para continuar con el requerimiento. 4. Una vez consolidados, se debe precisar si la solicitud de horarios es para un mes campaña o un mes no campaña. 5. Si es un mes campaña, se utiliza la data de transacciones del mes campaña en cuestión, de lo contrario se utiliza los otros meses. 	Analista de Seguimiento y Control de Operaciones
Realizar el pronóstico para el mes solicitado	
<ol style="list-style-type: none"> 6. El analista debe realizar el pronóstico en base a las transacciones del mes solicitado. 7. Esta información se procesará en el Software Estadístico Minitab que considera el comportamiento estacional de la información y se hace en base histórico de mínimo 3 años. 	Analista de Seguimiento y Control de Operaciones
Calcular cajeros por rango de hora	
<ol style="list-style-type: none"> 8. En este paso se realizará el cálculo de cajeros por rango de hora con el método Erlang, que utiliza los tiempos de atención y transacciones para atender la demanda. 	Analista de Seguimiento y Control de Operaciones

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION: 01
TITULO:	PROGRAMACIÓN DE HORARIO DE CAJEROS		PAGINA: 108 de 230

9. Del mismo modo, cabe recalcar que los tiempos ya son conocidos y se utilizaron de un estudio de tiempos anterior realizado por la compañía. Las transacciones fueron recabadas de los años 2015,2016 y 2017.	
Programar cantidad óptima de cajeros	
10. Luego para realizar el cálculo de cajeros por rango de hora es necesario encontrar el número óptimo.	Analista de Seguimiento y Control de Operaciones
11. Para ello se utiliza un modelo de programación lineal entera mixta en el Software LINGO, que minimiza cantidad de cajeros promedio en base a la cantidad requerida por periodo y el costo laboral asociado por tipo de cajero, ya sea FT o PT.	
Distribuir cantidad optima de cajeros en horarios	
12. Luego de haber calculado la cantidad óptima de cajeros se debe distribuir en horarios, para esto se hace utiliza el software Solver, que debe cumplir con ciertas restricciones como la cantidad de horas semanales, restricciones de un turno de 4x3 de 18h semanales esto en el caso de los cajeros PT.	Analista de Seguimiento y Control de Operaciones
13. Con respecto de los cajeros FT, esto son calculados directamente por el PL, debido a que los horarios ya son conocidos y establecidos por la compañía. Como resultado esto se tendrá una malla de horarios de cajeros listo para asignar los nombres.	
Enviar malla de horarios de cajeros PT a Jefe de Caja	
14. El analista debe enviar esta malla de horarios al jefe de cajas el segundo lunes de cada mes para la asignación de su personal	Jefe de Cajas

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION: 01
TITULO:	PROGRAMACIÓN DE HORARIO DE CAJEROS		PAGINA: 109 de 230

Recepcionar malla de cajeros	
15. El jefe de Cajas debe recibir la malla de cajeros por parte del analista de operaciones e inmediatamente reunirse con sus cajeros.	Jefe de Cajas
Elegir cajeros según disponibilidad	
16. El jefe de cajas debe distribuir a sus cajeros según la disponibilidad, y tener en cuenta los ausentismos programados o eventualidades que puedan tener sus cajeros en las semanas del mes en cuestión.	Jefe de Cajas
Enviar horarios de cajeros a RRHH	
17. El jefe Cajas debe enviar con importancia alta, los horarios a RRHH, ya que con estos horarios se realizará el pago de la planilla respectiva. Estos deben estar en el mismo formato enviado por Operaciones.	Jefe de Cajas
Recepcionar horarios de cajeros	
18. El Jefe de Cajas debe recepcionar los horarios de cajeros de todas las tiendas y enviar a imprimir 2 copias para la respectiva firma de conformidad.	Jefe de RRHH
Hacer firmar y archivar	
19. El jefe de RRHH debe hacer firma a los cajeros el horario programado en conformidad y conocimiento de este. Se entrega una copia y segunda copia se guarda para el archivo o solicitud del Ministerio del Trabajo por alguna contingencia legal, por un periodo de 5 años.	Jefe de RRHH

6. REGISTROS

- Malla de horarios de cajeros
- Horario de cajero

Figura 48: Proceso de seguimiento de asistente de ventas por división

Fuente: Elaboración Propia

Figura 49: SIPOC del proceso de venta por división

Fuente: Elaboración propia.

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION:
TITULO:	SEGUIMIENTO DE ASISTENTES DE VENTAS	PAGINA:	112 de 230

RESPONSABLE: Gerencia de Seguimiento y Control de Operaciones

CÓDIGO: OP-002

FECHA DE EMISIÓN: 01/10/2018

FECHA DE ACTUALIZACIÓN:01/10/2018

VERSIÓN: 1.1

1. OBJETIVO

El presente procedimiento establece las acciones y lineamientos que permitan definir el control y cálculo de las dotaciones de asistente de ventas de las Tiendas por Departamento.

2. RESPONSABILIDAD Y ALCANCE

El presente procedimiento es administrado por la Gerencia de Seguimiento y Control de Operaciones.

3. DEFINICIONES

Dotación de Personal (Per): Es la cantidad de colaboradores, en número de cabezas.

FTE (Full time equivalente): Es la cantidad de colaboradores en función de una jornada de 48 h.

Jornada 48 horas: $48h/48h = 1$

Jornada 18 horas: $18h/48h = 0.375$

Front Office: Son todas las posiciones de cara al cliente, en esta se encuentran las posiciones de asesor o asistente de venta.

4. POLÍTICAS

- Las autorizaciones de dotación solo pueden ser aprobados por la Gerencia de Operaciones.

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION:
TITULO:	SEGUIMIENTO DE ASISTENTES DE VENTAS	PAGINA:	113 de 230

4. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Solicitar metas autorizadas de asistentes de venta por división	
12. El jefe de RRHH debe solicitar al área de operaciones las metas autorizadas de asistentes de venta por posición. Esto lo debe pedir con un mes de anticipación para gestionar los posibles contrataciones o desvinculaciones. 13.	Jefe de Operaciones
Recepcionar solicitud de metas	
14. El Jefe de Operaciones debe recepcionar y consolidar la solicitud de metas autorizadas, la primera semana del mes con el fin de determinar las eficiencias para el mes en curso.	Jefe de Operaciones
Levantar actividades y tiempos por división	
15. El equipo de operaciones debe realizar un estudio de tiempos y movimientos de las actividades de los asistentes de venta de las divisiones de Mujer, Hombre, Calzado, Deporte y Decohogar. 16. Con esta información se toman muestras en las diferentes divisiones y se determinan los diferentes tiempos normales. 17. A continuación, con los tiempos normales, se calculan los tiempos estándares considerando suplementos, entre otros.	Jefe de Operaciones
Consolidar base unidades vendidas por división/mes	
18. El jefe de operaciones en base a la data histórica de unidades vendidas del mes a solicitud debe consolidarlas para calcular la carga de trabajo respectiva por división.	Jefe de Operaciones

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION:
TITULO:	SEGUIMIENTO DE ASISTENTES DE VENTAS	PAGINA: 114 de 230	

Calcular la carga de trabajo en horas mes																													
<p>19. En este paso el Jefe de Operaciones debe calcular carga de trabajo en horas mes para ello se multiplicará los tiempos estándares en minutos por la cantidad de unidades vendidas de la división respectiva y los dividirá entre 60 min, para obtener así una necesidad de horas hombre.</p> <p>20. Para estos cálculos por actividad se tienen como inputs metros cuadrados de la tienda, cuantos cornes se tiene por marca, drivers como cantidad de clientes que se atienden del 100% de clientes que ingresan, % de doblados y colgados entre otros.</p> <p>21. Así se realizan los cálculos para todas las actividades obteniendo una necesidad total de horas hombres -mes que llega 1,839 h/mes en el caso de la división de mujer.</p>	Jefe de Operaciones																												
Calcular carga de trabajo disponibles actuales.																													
<p>22. Po otro lado, se debe calcular necesidad de horas disponibles actuales, esto en base a la dotación actual de asistentes de venta. Para ello se tienen en cuenta los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none">• 1 asistente de venta Full Time trabajo 48h semanales por 4.33 semanas obteniendo como resultado 208 horas/mes• 1 asistente de venta Part time trabaja 18h semanales por 4.33 obteniendo como resultado 78h/mes <p>Ejemplo :</p> <table><tr><th>Posición</th><th>Hrs Mes</th><th>Cant</th><th>Horas disponibles</th><th>Factor vacaciones</th><th>Factor Ausentismo</th><th>Total Dispo (horas/mes)</th></tr><tr><td>AV FT</td><td>208</td><td>18</td><td>3,744</td><td>0.88</td><td>1.9%</td><td>3,214</td></tr><tr><td>AVPT</td><td>78</td><td>16</td><td>1,248</td><td>0.94</td><td>3.3%</td><td>1,377</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4,590</td></tr></table> <p>*Los factores de vacaciones para el FT es 1 mes al año es decir de los 12 meses del año tienen solo disponibles 8 meses ya que los meses mayo, junio, noviembre y diciembre son considerados meses campaña es decir salen 7/8(0.88)</p>	Posición	Hrs Mes	Cant	Horas disponibles	Factor vacaciones	Factor Ausentismo	Total Dispo (horas/mes)	AV FT	208	18	3,744	0.88	1.9%	3,214	AVPT	78	16	1,248	0.94	3.3%	1,377							4,590	Jefe de Operaciones
Posición	Hrs Mes	Cant	Horas disponibles	Factor vacaciones	Factor Ausentismo	Total Dispo (horas/mes)																							
AV FT	208	18	3,744	0.88	1.9%	3,214																							
AVPT	78	16	1,248	0.94	3.3%	1,377																							
						4,590																							

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION:
TITULO:	SEGUIMIENTO DE ASISTENTES DE VENTAS	PAGINA:	115 de 230

<p>*Para el PT es similar pueden salir 15 días al año es decir 0.5meses de 8 meses, es decir 1/16 , por lo pueden salir 15/16 (0.94).</p>	
Determinar dotación equivalente sugerida	
<p>23. Para hallar la dotación equivalente sugerida es necesario identificar: La cobertura de lo real vs lo que sugiere el estudio de tiempos, es decir: Cobertura =1839/4590 es decir tenemos un 266% de cobertura Del mismo modo se calcula la utilización: Utilización: HH esperadas/ HH reales: 42% de utilización Así mismo se espera que la utilización se de 85% como máximo Luego se realiza una regla de 3 simple inversamente proporcionalmente;</p> <p style="text-align: center;">24 FTE.....42% XFTE85%</p> <p>FTE: Es unida homologada de FT y PT , FT es a 1, como PT es a 0.375</p> <p>Se obtiene como resultado 11.96 FTE</p> <p>Eso se transforma PT y FT, según las proporciones, lo que se traduce en 9FT y 8PT, de una dotación actual 18 FT y 16 PT, por lo que este caso se tendría que desvincular 9FT y 8PT.</p>	Jefe de Operaciones

	PROCEDIMIENTO	CODIGO:	VERSION:
TITULO:	SEGUIMIENTO DE ASISTENTES DE VENTAS	PAGINA:	116 de 230

Enviar cantidad por desvincular o contratar	
24. El jefe de operaciones con los resultados por división debe enviar las metas autorizadas al jefe de RRHH, para que inicien con la contratación o desvinculación según sea el caso.	Jefe de Operaciones
Recepcionar cantidad final autorizada por contratar o desvincular	
25. El jefe de RRHH recepcionar lo enviado por operaciones y ejecuta enseguida según sea el caso: liquida a los colaboradores, con el pago respectivo de todos sus beneficios de ley o envía la lista a selección para la contratación inmediata.	Jefe de RRHH

5. REGISTROS

- Cartas de desvinculación
- Solicitud de requerimiento de personal

6. ANEXOS

No registra

3.1.3 Verificar

Luego de haber entregado los flujos de los procesos, sipocs y procedimientos a la compañía es necesario, medirlos, controlarlos y cuantificarlos.

Para esto se propone la implementación de fichas de indicadores que controlen los procesos presentados con anterioridad, con el fin de que estén entre los rangos establecidos.

Los tres primeros controlarán el proceso de programación de horarios de cajeros, mientras que los tres últimos el del proceso de seguimiento de asistentes de venta.

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre:

% Satisfacción del tiempo de espera en la caja.

2.Objetivo

Lograr que el % Satisfacción del tiempo de espera en la Caja sea mayor 85%.

3. Fórmula de Cálculo:

% ISN del tiempo de espera en Caja = $\frac{\% \text{ Clientes Satisfechos}}{\% \text{ Clientes Satisfechos} + \% \text{ Clientes Insatisfechos}}$

4. Nivel de Referencia:

85% a más

70% a menos 84%

Menor a 70%

Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado.

5. Responsable de Gestión:

Jefa de Seguimiento y Gestión de Operaciones

6. Fuente de Información:

Reporte de cumplimiento de horarios de Cajeros

7. Frecuencia de Medición:

Semanal

8. Frecuencia de Reporte:

Semanal

9. Responsable del Reporte:

Seguimiento y Gestión de Operaciones

10. Usuarios:

Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores, Asistentes de tiempos.

11. Observaciones:

Ninguna

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre:	
% Cumplimiento de Horarios de Cajeros	
2.Objetivo	
Lograr que el % Cumplimiento de horarios sea el mayor o igual a 90%.	
3. Fórmula de Cálculo:	
% Cumplimiento de Horarios =	$1 - \frac{\text{Incumplimientos del turno}}{\text{Turnos programados}} \times 100\%$
4. Nivel de Referencia:
90% a más
80% a menos 95%
Menor a 80%
Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado.
5. Responsable de Gestión:	
Jefa de Seguimiento y Gestión de Operaciones	
6. Fuente de Información:	
Reporte de cumplimiento de horarios de Cajeros	
7. Frecuencia de Medición:	
Semanal	
8. Frecuencia de Reporte:	
Semanal	
9. Responsable del Reporte:	
Seguimiento y Gestión de Operaciones	
10. Usuarios:	
Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores, Asistentes de tiempos.	
11. Observaciones:	
Ninguna	

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre: Cobertura de transacciones vs horas teóricas de cajeros	
2.Objetivo Lograr que la sumatoria de la cobertura semanal sea lo más cercano a cero.	
3. Fórmula de Cálculo: $\% \text{ Cobertura} = \sum abs (\% \text{ horas teóricas semanal} - \% \text{ Demanda trx semanal})$	
4. Nivel de Referencia: <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 a 0.03</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.04 a 0.10</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.11 a más</div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> </div> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado.</p>	
5. Responsable de Gestión: Jefe de Operaciones	
6. Fuente de Información: Horas Teóricas, demanda de trx	
7. Frecuencia de Medición: Semanal	
8. Frecuencia de Reporte: Semanal	
9. Responsable del Reporte: Seguimiento y Gestión de Operaciones	
10. Usuarios: Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores, Asistentes de tiempos.	
11. Observaciones: Ninguna	

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre:	
% Satisfacción de la disponibilidad de asistente de venta	
2.Objetivo	Lograr que % de satisfacción de la disponibilidad sea mayor a 85%
3. Fórmula de Cálculo	
% ISN Disponibilidad de Asistente de venta: % Clientes Satisfechos - % Clientes Insatisfechos	
4. Nivel de Referencia:
85 % a más
70% a menos de 84%
Menor a 70%
Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado.
5. Responsable de Gestión:	
Jefe de Operaciones	
6. Fuente de Información:	
Estudio de tiempo, unidades vendidas	
7. Frecuencia de Medición:	
Mensual	
8. Frecuencia de Reporte:	
Mensual	
9. Responsable del Reporte:	
Seguimiento y Gestión de Operaciones	
10. Usuarios:	
Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores	
11. Observaciones:	

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre: Productividad de asistente de venta
2.Objetivo Lograr que el ratio de productividad de asistentes de venta sea mayo al promedio compañía.
3. Fórmula de Cálculo: $\%Productividad = \left(\frac{\text{unidades vendidas}}{\text{FTE de asisteme de venta real}} \right)$
4. Nivel de Referencia: <div> Mayor al promedio compañía </div> <div> Menor al promedio compañía </div> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>
5. Responsable de Gestión: Jefe de Operaciones
6. Fuente de Información: Estudio de tiempo, unidades vendidas
7. Frecuencia de Medición: Mensual
8. Frecuencia de Reporte: Mensual
9. Responsable del Reporte: Seguimiento y Gestión de Operaciones
10. Usuarios: Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR	Código:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 1

1. Nombre: % Cumplimiento FTE de asistente de venta	
2.Objetivo Lograr que el % Cumplimiento de la FTE Total sea menor a 0%	
3. Fórmula de Cálculo: $\%Cpto\ de\ Dotación\ eqvte.\ total = \left(\frac{FTE\ de\ asistente\ de\ venta\ autorizada}{FTE\ de\ asistente\ de\ venta\ real} - 1 \right) \times 100\%$	
4. Nivel de Referencia: <div> 0% a menos </div> <div> Mayor a 0% y menor a 3% </div> <div> Mayor o igual 3% </div> <p>Un incremento en el valor del indicador indica una mejora en el resultado. </p>	
5. Responsable de Gestión: Jefe de Operaciones	
6. Fuente de Información: Estudio de tiempo, unidades vendidas	
7. Frecuencia de Medición: Mensual	
8. Frecuencia de Reporte: Mensual	
9. Responsable del Reporte: Seguimiento y Gestión de Operaciones	
10. Usuarios: Jefes de RRHH, Gerentes, Supervisores	
11. Observaciones:	

3.1.4 Actuar

En el último paso de la metodología PHVA, es necesario evaluar los cambios y modificaciones mencionados en la fase anterior. Para poder hacer una correcta supervisión del estado de las cajas en tiempo real se hará uso de un dashboard que es alimentado con la información del sistema de recolección de las transacciones de la última hora. Este panel permitirá al jefe de cajas controlar el estado de las cajas en tiempo real. A continuación, se muestra la propuesta del procedimiento de supervisión de cajas:

Cuadro 49: Control diario de cajas

LOCAL		SANTA ANITA				DIA		20/02/2018	
COD. TIENDA		73				HORA		18:00	
PISO	PULL	COD. CAJA	DIVISION	UNIDAD ECONOMICA	ESTADO	CANTIDAD DE TRX ULTIMA HORA	Obs		
1	A	14	MUJER	Corseteria y Lenceria	ACTIVO	40	Ok	✔	
		15	MUJER	Corseteria y Lenceria	ACTIVO	37	Ok	✔	
		16	MUJER	Corseteria y Lenceria	ACTIVO	40	Ok	✔	
	B	57	BELLEZA	Belleza Perf. y Cosmeticos	LIBRE	-	Caja Libre		
	C	20	MUJER	Calzado Mujer	ACTIVO	44	Ok	✔	
		21	MUJER	Calzado Mujer	ACTIVO	18	Consolidar	▶	
		22	MUJER	Calzado Mujer	ACTIVO	15	Liberar	●	
	D	23	MUJER	Juvenil Mujer	ACTIVO	58	Alerta	●	
		24	MUJER	Juvenil Mujer	ACTIVO	18	Consolidar	▶	
		25	MUJER	Juvenil Mujer	ACTIVO	7	Liberar	●	
TOTAL ACTIVOS PISO 1					9				
2	E	32	DEPORTES	Deporte Zap. y Maquinas	ACTIVO	69	Alerta	●	
		33	DEPORTES	Deporte Zap. y Maquinas	LIBRE	-	Caja Libre		
		34	DEPORTES	Deporte Zap. y Maquinas	ACTIVO	55	Supervisar	⚠	
	F	35	HOMBRE	Hombre Juvenil	LIBRE	-	Caja Libre		
		36	HOMBRE	Hombre Juvenil	ACTIVO	15	Liberar	●	
		37	HOMBRE	Hombre Juvenil	ACTIVO	37	Ok	✔	
	G	39	HOMBRE	Formal Hombre	ACTIVO	33	Ok	✔	
		40	HOMBRE	Formal Hombre	ACTIVO	11	Liberar	●	
TOTAL ACTIVOS PISO 2					6				
3	H	45	ELECTROHOGAR	Linea Blanca y Electrod.	ACTIVO	26	Consolidar	▶	
		46	ELECTROHOGAR	Linea Blanca y Electrod.	ACTIVO	11	Liberar	●	
	I	48	ELECTROHOGAR	Comp. y Videojuegos	LIBRE	-	Caja Libre	●	
		49	ELECTROHOGAR	Comp. y Videojuegos	ACTIVO	40	Ok	✔	
	J	28	INFANTIL	Infantil Bebe - Escolar y Duros	LIBRE	-	Caja Libre	●	
		55	INFANTIL	Infantil Bebe - Escolar y Duros	ACTIVO	47	Supervisar	⚠	
		11	INFANTIL	Infantil Bebe - Escolar y Duros	ACTIVO	18	Consolidar	▶	
	K	27	DECOHOGAR	Deco Blando	LIBRE	-	Caja Libre	●	
TOTAL ACTIVOS PISO 3					5				
TOTAL LOCAL: SANTA ANITA					20				

Fuente Elaboración propia

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Luego haber realizado la propuesta de mejora en el capítulo anterior es necesario validarlo mediante un modelo de simulación en el software ARENA. Para lo cual se diseñará dos procesos uno actual y uno mejorado

Entonces se desarrollará el modelo de un proceso normal en el local de Santa Anita, el cual nos servirá para poder validar la situación actual de cajeros y capacidades versus la solución obtenida mediante el modelo.

Para esto será necesario analizar la data obtenida del comportamiento o distribución que sigue las llegadas al sistema por hora y por día. Para ello se usará el tráfico promedio de personas que ingresan al local de Santa Anita durante los meses no campaña. La información fue recabada del portal de la compañía donde registra los ingresos a tienda por rango horario

Figura 50: Sistema de registro de tráfico

Fuente: Elaboración propia

Después de consolidar la información, y retirar los extremos que hacían la data menos representativa se obtuvo el tráfico promedio dentro del local de Santa Anita. Posteriormente se optó por darle una distribución discreta y que refleja de buena manera el comportamiento de arribos o llegadas a un sistema como es la distribución Poisson, ya que se tenía el flujo diario de forma detallada y esta función parte de una frecuencia de ocurrencia media, y nos brinda la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante determinado intervalo de tiempo.

Cuadro 50: Flujo promedio de tráfico

Hora Inicio	Hora Fin	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
11:00:00	11:15:00	POIS(237.5)	POIS(330.33)	POIS(292.6)	POIS(488)	POIS(428)	POIS(538)	POIS(306.8)
11:15:00	11:30:00	POIS(237.5)	POIS(330.33)	POIS(292.6)	POIS(488)	POIS(428)	POIS(538)	POIS(306.8)
11:30:00	11:45:00	POIS(237.5)	POIS(330.33)	POIS(292.6)	POIS(488)	POIS(428)	POIS(538)	POIS(306.8)
11:45:00	12:00:00	POIS(237.5)	POIS(330.33)	POIS(292.6)	POIS(488)	POIS(428)	POIS(538)	POIS(306.8)
12:00:00	12:15:00	POIS(483.25)	POIS(440.5)	POIS(498)	POIS(514.8)	POIS(474.8)	POIS(787.4)	POIS(639.8)
12:15:00	12:30:00	POIS(483.25)	POIS(440.5)	POIS(498)	POIS(514.8)	POIS(474.8)	POIS(787.4)	POIS(639.8)
12:30:00	12:45:00	POIS(483.25)	POIS(440.5)	POIS(498)	POIS(514.8)	POIS(474.8)	POIS(787.4)	POIS(639.8)
12:45:00	13:00:00	POIS(483.25)	POIS(440.5)	POIS(498)	POIS(514.8)	POIS(474.8)	POIS(787.4)	POIS(639.8)
13:00:00	13:15:00	POIS(539.5)	POIS(473.5)	POIS(552)	POIS(559)	POIS(619)	POIS(907.4)	POIS(824)
13:15:00	13:30:00	POIS(539.5)	POIS(473.5)	POIS(552)	POIS(559)	POIS(619)	POIS(907.4)	POIS(824)
13:30:00	13:45:00	POIS(539.5)	POIS(473.5)	POIS(552)	POIS(559)	POIS(619)	POIS(907.4)	POIS(824)
13:45:00	14:00:00	POIS(539.5)	POIS(473.5)	POIS(552)	POIS(559)	POIS(619)	POIS(907.4)	POIS(824)
14:00:00	14:15:00	POIS(487.5)	POIS(500.5)	POIS(524.6)	POIS(581.6)	POIS(629)	POIS(948)	POIS(947.8)
14:15:00	14:30:00	POIS(487.5)	POIS(500.5)	POIS(524.6)	POIS(581.6)	POIS(629)	POIS(948)	POIS(947.8)
14:30:00	14:45:00	POIS(487.5)	POIS(500.5)	POIS(524.6)	POIS(581.6)	POIS(629)	POIS(948)	POIS(947.8)
14:45:00	15:00:00	POIS(487.5)	POIS(500.5)	POIS(524.6)	POIS(581.6)	POIS(629)	POIS(948)	POIS(947.8)
15:00:00	15:15:00	POIS(602)	POIS(532)	POIS(619.4)	POIS(736)	POIS(774.4)	POIS(1171.4)	POIS(1301.6)
15:15:00	15:30:00	POIS(602)	POIS(532)	POIS(619.4)	POIS(736)	POIS(774.4)	POIS(1171.4)	POIS(1301.6)
15:30:00	15:45:00	POIS(602)	POIS(532)	POIS(619.4)	POIS(736)	POIS(774.4)	POIS(1171.4)	POIS(1301.6)
15:45:00	16:00:00	POIS(602)	POIS(532)	POIS(619.4)	POIS(736)	POIS(774.4)	POIS(1171.4)	POIS(1301.6)
16:00:00	16:15:00	POIS(740.75)	POIS(668.75)	POIS(773.4)	POIS(938.2)	POIS(975)	POIS(1405.8)	POIS(1702)
16:15:00	16:30:00	POIS(740.75)	POIS(668.75)	POIS(773.4)	POIS(938.2)	POIS(975)	POIS(1405.8)	POIS(1702)
16:30:00	16:45:00	POIS(740.75)	POIS(668.75)	POIS(773.4)	POIS(938.2)	POIS(975)	POIS(1405.8)	POIS(1702)
16:45:00	17:00:00	POIS(740.75)	POIS(668.75)	POIS(773.4)	POIS(938.2)	POIS(975)	POIS(1405.8)	POIS(1702)
17:00:00	17:15:00	POIS(939.75)	POIS(914.5)	POIS(1085.2)	POIS(1142.2)	POIS(1190.8)	POIS(1615.2)	POIS(2191)
17:15:00	17:30:00	POIS(939.75)	POIS(914.5)	POIS(1085.2)	POIS(1142.2)	POIS(1190.8)	POIS(1615.2)	POIS(2191)
17:30:00	17:45:00	POIS(939.75)	POIS(914.5)	POIS(1085.2)	POIS(1142.2)	POIS(1190.8)	POIS(1615.2)	POIS(2191)
17:45:00	18:00:00	POIS(939.75)	POIS(914.5)	POIS(1085.2)	POIS(1142.2)	POIS(1190.8)	POIS(1615.2)	POIS(2191)
18:00:00	18:15:00	POIS(1109)	POIS(1021.25)	POIS(1165.2)	POIS(1310)	POIS(1348.2)	POIS(1723.6)	POIS(2308)
18:15:00	18:30:00	POIS(1109)	POIS(1021.25)	POIS(1165.2)	POIS(1310)	POIS(1348.2)	POIS(1723.6)	POIS(2308)
18:30:00	18:45:00	POIS(1109)	POIS(1021.25)	POIS(1165.2)	POIS(1310)	POIS(1348.2)	POIS(1723.6)	POIS(2308)
18:45:00	19:00:00	POIS(1109)	POIS(1021.25)	POIS(1165.2)	POIS(1310)	POIS(1348.2)	POIS(1723.6)	POIS(2308)
19:00:00	19:15:00	POIS(1165.5)	POIS(1064.75)	POIS(1167.6)	POIS(1256.8)	POIS(1373.2)	POIS(1710.4)	POIS(2376.4)
19:15:00	19:30:00	POIS(1165.5)	POIS(1064.75)	POIS(1167.6)	POIS(1256.8)	POIS(1373.2)	POIS(1710.4)	POIS(2376.4)
19:30:00	19:45:00	POIS(1165.5)	POIS(1064.75)	POIS(1167.6)	POIS(1256.8)	POIS(1373.2)	POIS(1710.4)	POIS(2376.4)
19:45:00	20:00:00	POIS(1165.5)	POIS(1064.75)	POIS(1167.6)	POIS(1256.8)	POIS(1373.2)	POIS(1710.4)	POIS(2376.4)
20:00:00	20:15:00	POIS(1096.5)	POIS(923)	POIS(1000.8)	POIS(1040.8)	POIS(1208.2)	POIS(1528.8)	POIS(1828.8)
20:15:00	20:30:00	POIS(1096.5)	POIS(923)	POIS(1000.8)	POIS(1040.8)	POIS(1208.2)	POIS(1528.8)	POIS(1828.8)
20:30:00	20:45:00	POIS(1096.5)	POIS(923)	POIS(1000.8)	POIS(1040.8)	POIS(1208.2)	POIS(1528.8)	POIS(1828.8)
20:45:00	21:00:00	POIS(1096.5)	POIS(923)	POIS(1000.8)	POIS(1040.8)	POIS(1208.2)	POIS(1528.8)	POIS(1828.8)
21:00:00	21:15:00	POIS(714.75)	POIS(599.25)	POIS(538.2)	POIS(568.2)	POIS(799.8)	POIS(1093.8)	POIS(1102.8)
21:15:00	21:30:00	POIS(714.75)	POIS(599.25)	POIS(538.2)	POIS(568.2)	POIS(799.8)	POIS(1093.8)	POIS(1102.8)
21:30:00	21:45:00	POIS(714.75)	POIS(599.25)	POIS(538.2)	POIS(568.2)	POIS(799.8)	POIS(1093.8)	POIS(1102.8)
21:45:00	22:00:00	POIS(714.75)	POIS(599.25)	POIS(538.2)	POIS(568.2)	POIS(799.8)	POIS(1093.8)	POIS(1102.8)
22:00:00	22:15:00	0	0	0	0	0	0	0
22:15:00	22:30:00	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, usando la herramienta Input Analyzer proporcionada por el software de simulación Arena, se analizó en el factor de tiempo de permanencia promedio en tienda que fue obtenido del portal web que registra el tráfico de personas que ingresan a tienda; resultando el siguiente resumen de las distribuciones:

Figura 51: Resultados tiempo de permanencia Fit All Input Analyzer

Function	Sq Error
Beta	0.00103
Uniform	0.00167
Weibull	0.0057
Normal	0.00666
Erlang	0.00776
Triangular	0.0138
Lognormal	0.0157
Exponential	0.0197
Gamma	0.953

Fuente: Elaboración Propia

Siendo la función Beta la que presenta menor error cuadrático medio (Sq Error), es seguro afirmar que el tiempo de permanencia de las personas que ingresan al local de Santa Anita sigue una distribución Beta de la siguiente forma:

Expresión: $9 + 2 * \text{Beta}(1.14, 1.16)$

Figura 52: Análisis de tiempo de permanencia en tienda

Fuente: Elaboración propia

La distribución beta suele ser usada para modelar eventos que se definen por valores mínimos y máximos. La escala de la distribución beta suele modificarse para modelar el tiempo hasta la culminación de una tarea.

Dicho lo anterior, se procedió con la creación del modelo de manera gráfica en el software de simulación Arena.

Figura 53: Modelo Arena

Fuente: Elaboración

El modelo cuenta con un módulo unificado de cajas el cual posee una capacidad en base a los horarios obtenidos mediante el modelo de programación lineal, y la comparación que toma como data los horarios que manejaba la Compañía en meses anteriores.

Cuadro 51: Capacidades obtenidas del modelo de PL

INICIO	FIN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
10:45	a 11:00	4	4	8	4	4	5	5
11:00	a 11:15	4	4	8	4	4	5	5
11:15	a 11:30	4	4	8	4	4	5	5
11:30	a 11:45	4	4	8	4	4	5	5
11:45	a 12:00	9	9	8	12	17	17	13
12:00	a 12:15	9	9	8	12	17	17	13
12:15	a 12:30	9	9	8	12	17	17	13
12:30	a 12:45	9	9	8	12	17	17	13
12:45	a 13:00	9	9	8	12	17	17	13
13:00	a 13:15	9	9	8	12	17	17	13
13:15	a 13:30	9	9	8	12	17	17	13
13:30	a 13:45	9	9	8	12	17	17	13
13:45	a 14:00	9	9	8	12	17	17	13
14:00	a 14:15	11	11	9	12	17	17	13
14:15	a 14:30	11	11	9	12	17	17	13
14:30	a 14:45	11	11	9	12	17	17	13
14:45	a 15:00	11	11	9	12	17	17	13
15:00	a 15:15	11	11	9	12	17	17	13
15:15	a 15:30	11	11	9	12	17	17	13
15:30	a 15:45	11	11	9	12	17	17	13
15:45	a 16:00	11	11	9	12	17	17	13
16:00	a 16:15	11	11	9	12	17	19	17
16:15	a 16:30	11	11	9	12	17	19	17
16:30	a 16:45	11	11	9	12	17	19	17
16:45	a 17:00	11	11	9	12	17	19	17
17:00	a 17:15	11	11	11	12	17	23	24
17:15	a 17:30	11	11	11	12	17	23	24
17:30	a 17:45	11	11	11	12	17	23	24
17:45	a 18:00	11	11	11	12	17	23	24
18:00	a 18:15	22	17	23	20	21	24	26
18:15	a 18:30	22	17	23	20	21	24	26
18:30	a 18:45	20	15	22	20	21	24	26
18:45	a 19:00	20	15	22	20	21	24	26
19:00	a 19:15	20	15	22	20	21	24	26
19:15	a 19:30	20	15	22	20	21	24	26
19:30	a 19:45	20	15	22	20	21	24	26
19:45	a 20:00	20	15	22	20	21	24	26
20:00	a 20:15	20	15	22	20	21	24	26
20:15	a 20:30	20	15	22	20	21	24	26
20:30	a 20:45	20	15	22	20	21	22	22
20:45	a 21:00	20	15	22	20	21	22	22
21:00	a 21:15	20	15	22	20	21	22	22
21:15	a 21:30	20	11	22	20	21	22	22
21:30	a 21:45	20	11	12	16	21	18	15
21:45	a 22:00	11	11	12	12	21	18	15
22:00	a 22:15	11	6	12	8	4	13	6
22:15	a 22:30	11	6	12	8	4	13	6

Fuente: Elaboración propia

Los datos provenientes de la toma de tiempos realizada por la compañía en el local de Santa Anita fueron ingresados en el Input Analyzer luego de ser revisados y haber descartado la data no representativa; dicha data nos proporcionó la siguiente tabla con los errores cuadráticos medios:

Figura 54: Resultados tiempo de atención Fit All Input Analyzer

Function	Sq Error
Normal	0.00178
Weibull	0.00188
Beta	0.0023
Erlang	0.0045
Gamma	0.00476
Triangular	0.00767
Lognormal	0.00913
Uniform	0.0354
Exponential	0.0491

Fuente: Elaboración propia

Siendo la distribución de tipo Normal la que presenta un error cuadrático medio menor en comparación a las otras funciones; es acertado decir que el tiempo de atención sigue una distribución normal representada con la siguiente expresión:

Expresión: Norm (3.69, 0.261)

En el análisis descriptivo y exploratorio se obtuvo que la semana 1,2,3 y 4 de un mes no había mayor diferencia entre ellas, por lo que era seguro afirmar que modelando una semana se podía ver el comportamiento de un mes.

Figura 55: Análisis de tiempo de permanencia en tienda

Fuente: Elaboración propia

La simulación fue por el tiempo de una semana durante horarios de atención solamente (11.50 horas diarias, durante 7 días), y fue una simulación con 4 iteraciones. Se muestra a continuación:

Figura 56: Modelo de simulación con horario de cajeros actual

Fuente: Elaboración

Figura 57: Modelo de simulación con horario de cajeros de PL

Fuente: Elaboración

Como se puede apreciar en ambos gráficos presentados; el flujo de entrada es el mismo para ambos, salvo que el modelo con horario de cajeros actuales presenta una mayor cantidad de cajeros, y el modelo de horario basados en los resultados obtenidos en el PL necesita una menor cantidad de cajeros para cubrir la misma demanda.

A continuación, se presentará en detalle el cuadro de utilización instantánea de cajeros a través del tiempo:

Figura 58: Utilización en el tiempo de cajas con horarios actuales

Elaboración propia

El gráfico de utilización instantánea de recursos con horarios actuales, en este caso los cajeros, muestra una seria deficiencia: Demasiados cajeros no se encuentran siendo aprovechados. La capacidad instalada o en este caso; la cantidad de cajeros programados versus la cantidad de cajeros en uso muestra que hay muchos vacíos a través de toda la simulación.

El modelo de horarios de cajeros propuestos por el modelo de PL nos ofrece una cantidad menor de cajeros, distribuidos de mejor manera; dándonos una gráfica de utilización de recursos con menos huecos o recursos ociosos y creando un sistema más eficiente. Lo mencionado se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Figura 59: Utilización en el tiempo de cajas con horarios PL

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda del Output Analyzer, y la data recopilada de las 2 simulaciones se generó un gráfico conjunto donde solo se refuerza lo mencionado anteriormente: Se puede hacer más con menos. Esto quiere decir que con un estudio adecuado se puede tener mejores niveles de servicio, y a la vez un ahorro en las planillas de la empresa.

Figura 60: Utilización en el tiempo de cajas horarios actuales vs horarios PL

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, también se logró obtener la data de simulación referente a las colas generadas en ambos sistemas modelados; siendo el modelo generado por PL el que presenta mejores resultados:

Figura 61: Reporte Arena – Modelo con horarios antiguos (Colas)

21:22:49

Category Overview

Noviembre 3, 2018

Values Across All Replications

Simulación Cajeros

Replications: 4

Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Atencion en Caja.Queue	0.2127	0.07	0.1622	0.2629	0.00	28.3414

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Atencion en Caja.Queue	0.4735	0.15	0.3581	0.5824	0.00	21.0000

Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Reporte Arena – Modelo con horarios antiguos (Colas)

21:24:31

Category Overview

Noviembre 3, 2018

Values Across All Replications

Simulación Cajeros

Replications: 4

Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Atencion en Caja.Queue	0.1221	0.09	0.08039811	0.1995	0.00	13.3501

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Atencion en Caja.Queue	0.2735	0.20	0.1778	0.4494	0.00	21.0000

Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó; los resultados de la simulación con horarios mejorados o por PL nos muestra una reducción significativa de 53% en el tiempo en cola máximo registrado en colas, así como también una reducción del número promedio de personas en cola.

Figura 63: Utilización de recursos modelo de horarios actuales

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	0.3629	0.01	0.3585	0.3655	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	8.2049	0.09	8.1392	8.2657	0.00	31.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	24.4875	0.00	24.4866	24.4889	1.0000	38.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Cajeros	0.3351	0.00	0.3324	0.3376		
Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Cajeros	10748.25	126.49	10665.00	10837.00		

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la utilización de recursos se puede observar que el indicador de utilización instantánea de cajeros se encuentra en un valor promedio de 36.29%, el cual indica que hay gran cantidad de cajas que no se están utilizando en ese instante; en cambio con el modelo optimizado la utilización de las cajas aumenta a un 54.38% siendo mucho más efectiva ya que se utilizan de mejor manera los recursos y se ha invertido menos en gastos por contrataciones.

Figura 64: Utilización de recursos modelo de horarios PL

Resource						
Usage						
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	0.5438	0.01	0.5377	0.5513	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	8.2444	0.17	8.1380	8.3516	0.00	26.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cajeros	14.8878	0.00	14.8875	14.8882	4.0000	26.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Cajeros	0.5538	0.01	0.5466	0.5610		
Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Cajeros	10788.00	215.44	10664.00	10927.00		

Fuente: Elaboración propia

La simulación del modelo comparativo que tiene en consideración los 2 escenarios creados, uno creado con las capacidades que manejan los horarios de cajeros actuales, versus el otro que hace uso los horarios de cajeros obtenidos por el modelo de programación lineal; nos ha permitido obtener resultados que respaldan el modelo mejorado. Entre los resultados que soportan la elección de este modelo se encuentra la mejora a nivel de eficiencia de utilización de cajeros, la reducción del tiempo máximo de espera, e intrínsecamente un mejor nivel de servicio.

En el siguiente capítulo se enumerarán y explicarán las conclusiones y recomendaciones de este proyecto de investigación

Validación del modelo de toma de tiempos:

Luego de realizar el estudio de tiempos se procedió a realizar la validación del mismo, para ello se hizo una comparación entre la productiva inicial y la productividad resultante del modelo propuesto; para lo cual se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{P}{R}$$

Donde:

ρ : Productividad

P: Producción mensual

R: Cantidad de recurso empleados (mensual)

ft: Cantidad de asistentes de venta full time

pt: Cantidad de asistentes de venta part time

ftequiv: Equivalencia en empleados full time

Productividad inicial:

Se realizó la validación en la división mujer.

$$\rho = \frac{P}{R} = \frac{30265 \text{ unid}}{18ft + 16pt} = \frac{30265 \text{ unid}}{24ftequiv} = 1261 \text{ unid}/ftequiv$$

Productividad propuesta:

Se realizó la validación de la propuesta en la división mujer.

$$\rho = \frac{P}{R} = \frac{30265 \text{ unid}}{8ft + 9pt} = \frac{30265 \text{ unid}}{12ftequiv} = 2522 \text{ unid}/ftequiv$$

Comparación:

$$\Delta = \frac{\rho_{final} - \rho_{inicial}}{\rho_{inicial}} = \frac{2522 - 1261}{1261} = +100\%$$

Luego de comparar los resultados de la situación inicial y la propuesta, podemos afirmar que los asistentes de venta con una mejor estandarización de las actividades debido a la aplicación del estudio de tiempos procesan más unidades, y por ende, resultan 100% más productivos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el capítulo 1 del presente documento se presentaron un conjunto de herramientas de ingeniería industrial y metodologías de solución de problemas que fueron usadas como soporte del presente proyecto de investigación. Dentro de las metodologías que se tomaron en consideración para la solución están la programación dinámica, programación entera, programación lineal, flujo en redes, teoría de colas, entre otras. De las metodologías mencionadas se tomó la unión de programación entera y programación lineal; ya que la combinación de estas 2 metodologías nos brinda un mejor ajuste al modelado del problema del proyecto tanto en la primera fase de solución del problema donde se ataca el problema del staffing; como también en la generación de los horarios más adecuados en la segunda fase que ve el scheduling. Las metodologías seleccionadas presentan otro beneficio adicional, son de costo bajo de implementación y el tiempo de respuesta u obtención de resultados se deja apreciar rápidamente, y se ajustan a la estandarización de procesos y ciclo de mejora continua.

En el capítulo 2, se pondera y valora la situación actual de la empresa, tanto en el contexto externo e interno; siendo la Compañía una de las tiendas por departamento más importantes del Perú y con una participación considerable dentro del mercado. La Compañía, actualmente está buscando incrementar el porcentaje de satisfacción del cliente entre las distintas filiales nacionales e internacionales, ya que últimamente ha presentado niveles inferiores a su meta de 85%. Con lo mencionado anteriormente, queda claro que la Compañía busque la forma de cumplir con las metas definidas a nivel corporación en los distintos indicadores de gestión. Posteriormente se analizó la situación de los diferentes locales, donde se tomó el local que presentó los resultados más bajos y con gran oportunidad de mejora, pero que tenga el potencial para crecer y presentar mejoras sustanciales. Luego de este análisis la tienda elegida fue la de Santa Anita.

En la evaluación que se realizó se pudo apreciar que el problema giraba en torno a dos recursos que no cumplían largamente las metas establecidas: el personal de atención en caja y los asistentes de ventas. En el caso del primero, se identificó que el problema era

que los clientes no estaban conformes con el tiempo de espera en cola para ser atendidos en caja, lo cual se refleja en los indicadores de satisfacción. La capacidad de horas hombre de cajeros no iba acorde con la curva de la demanda generando así dispersiones, lo que ocasionaba situaciones de sobredotación y subdotación; acá se evidenció que era necesario una mejor planificación y uso de los recursos. En el caso del segundo recurso, el problema identificado fue que los clientes no estaban satisfechos con la disponibilidad de los asistentes de venta. La disponibilidad de los asistentes de venta tenía una semejanza con el problema anteriormente expuesto; la cantidad de asistentes de venta no estaba asignada de manera correcta, pero en este caso no se conocía la manera ideal su distribución, ya que ellos tenían el driver de estar en varias divisiones, ya sea mujer , hombre , infantil entre otros. Es por ello que actualmente se tiene un impacto anual de 23MM de soles, considerando el abandono del cliente de la tienda por falta de personal en caja y ausencia de asistentes para la venta.

En el capítulo 3, luego de identificar los problemas principales y las causas raíces respectivas se planteó mejorar los procesos mediante dos propuestas de solución: un modelo de programación lineal entera mixta aplicada al cálculo óptimo de número de cajeros y un estudio de tiempos y movimientos que estandarice las actividades del asistente de venta, calculando así la cantidad ideal por división en base a los tiempos estándares y la carga de trabajo de unidades vendidas.

En consecuencia, se entrega dos procesos en donde el primero indica la cantidad óptima de cajeros por rango de hora mediante un flujo, SIPOC y procedimiento e indicador formalizado, apoyando la gestión del jefe de cajas y jefe de RRHH. Del mismo modo, el proceso de seguimiento de asistentes de ventas entrega la cantidad por división de asistente de ventas para cada periodo de mes. Esto apoya en gran parte la gestión del jefe de RRHH y los supervisores de cada división, ya que estos cuentan con una dotación ideal para cada división.

En el capítulo 4 se sometió a validación mediante el software ARENA, el modelo de programación lineal de cajeros por ser el más crítico de entre los dos problemas, se corrió la situación actual y la situación mejorada obteniendo los siguientes resultados: Se muestra una reducción significativa de 53% en el tiempo máximo de espera registrado en colas, así como también una reducción del número promedio de personas en cola. Esto se traduce en una mejora considerable de la experiencia del cliente y la satisfacción del indicador de espera en la caja.

Así mismo, se validó el modelo propuesto de estudio de tiempos, en el cual se encontró que se mejoraba la productividad de los asistentes de ventas en un 100%. Lo anterior refleja el resultado de la implementación de la estandarización de las actividades mediante el uso de herramientas de ingeniería, como el estudio de tiempos y movimientos.

5.2 Recomendaciones

Para dar solución al problema identificado se utilizaron modelos que calcularon la cantidad óptima en el caso de cajeros e ideal en el caso de asistentes de venta. En el caso de cajeros se podría profundizar más y realizar el análisis por piso y pull de caja, para así calcular la dotación de cajeros más específicamente.

Así mismo el modelo de programación lineal y el estudio de tiempos es extrapolable y escalable a todas las sucursales, a diferentes posiciones y no solo las de cajeros y asistentes de venta. Es decir, en base a estos puede analizar en base a diferentes drivers que miden a cada posición ejemplo: a los ejecutivos de post venta en base a sus reclamos por hora, a los operarios de bodega en base a la unidades recibidas procesadas, a los vendedores integrales y asesores en base a la venta por hora que realizan, los coordinadores de lista de regalo en base a la lista de novios que procesan.

Por último, se recomienda también utilizar un software de programación de horarios que, en base a la transacciones y ventas, calcule la capacidad necesaria y se obtenga como resultado la cantidad de cajeros y asistentes de venta por hora.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfares, H. K. (2004). Survey, Categorization, and Comparison of Recent Tour Scheduling Literature. *Annals of Operations Research*, 127(1–4), 145–175. <https://doi.org/10.1023/B:ANOR.0000019088.98647.e2>
- Arevalo, G. Y. (2011). Propuesta metodológica para incrementar la competitividad en los centros de contacto y solución telefónicos de empresas del sector de las telecomunicaciones a través del desarrollo del proceso Workforce Management.
- Baca, G. (2014). *Introducción a la ingeniería medioambiental*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2458.8640>
- Bhulai, S., Koole, G., & Pot, A. (2008). Simple Methods for Shift Scheduling in Multiskill Call Centers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10(3), 411–420. <https://doi.org/10.1287/msom.1070.0172>
- Chapra, S., & Canale, R. (2015). *Métodos numéricos para ingenieros*.
- Chase, Richards Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. McGrawHill.
- Compañía. (2017). *Memoria Anual Compañía 2017*. América Latina.
- De Bruecker, P., Van den Bergh, J., Beliën, J., & Demeulemeester, E. (2015). Workforce planning incorporating kills: State of the art. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 1–16.
- Equilibrium. (2017). Análisis del Sector Retail: Supermercados, Tiendas por Departamento y Mejoramiento de Hogar. *Equilibrium*, (511). Retrieved from <http://www.equilibrium.com.pe/sectorialretailmar17.pdf>
- Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., & Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 3–27. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00095-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00095-X)
- García-Hernández, M. de G., & Garrido, A. (2006). Integración de Planificación y Scheduling: Un Modelo General y Flexible, 16(3), 188–6266.
- Gutierrez, H. Calidad y Productividad, 39 Mc Graw Hill § (2014).
- Henao, C. A., Munoz, J. C., & Ferrer, J. C. (2015). The impact of multi-skilling on personnel scheduling in the service sector: A retail industry case. *Journal of the*

- Operational Research Society*, 66(12), 1949–1959.
<https://doi.org/10.1057/jors.2015.9>
- Jhon E. Hanke. (2008). *Prógnosticos en los negocios* (Vol. 39). Pearson.
- Louly, M. A. O. (2013). A Goal Programming Model for Staff Scheduling at a Telecommunications Center. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 12(2), 167–178. <https://doi.org/10.1007/s10852-012-9200-x>
- Louly, M. A. O., Parisio, A., Neil, C., Defraeye, M., Nieuwenhuyse, I. Van, P, D. B., ... Nissen, V. (2013). An integrated nurse staffing and scheduling analysis for longer-term nursing staff allocation problems. *Omega (United Kingdom)*, 41(2), 485–499. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.01.002>
- Moreno-Camacho, C. A., Montoya-Torres, J. R., & Vélez-Gallego, M. C. (2018). A comparison of mixed-integer linear programming models for workforce scheduling with position-dependent processing times. *Engineering Optimization*, 50(6), 917–932. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2017.1358362>
- Nahmias, S. (2014). *Análisis de la producción y las operaciones*.
- Pawar, U. S., & Hanchate, D. B. (2013). Literature Review on Personnel Scheduling. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 4(5), 312–324. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-10517-3>
- SUNAFIL. (2016a). *inspecciones sobre jornada de trabajo y descansos remunerados*.
- SUNAFIL. (2016b). *Jornada de trabajo*.
- Thompson, G. M. (1995). Labor scheduling using NPV estimates of the marginal benefit of additional labor capacity. *Journal of Operations Management*, 13(1), 67–86. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0272-6963\(94\)00012-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0272-6963(94)00012-4)
- Torres, P. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de yuca, desde la estandarización de procesos.

ANEXOS

ANEXO #1

MODELO DE LINGO
model:

MIN = Sueldos;

$CantPT = (P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7)/4;$

$Sueldos = 3559*(Fa+Fb+Fc+Fd) + 1040*(CantPT);$

$P1=@smin(P11+P12+P13+P14+P15+P16+P17+P18);$

$P2=@smin(P21+P22+P23+P24+P25+P26+P27+P28);$

$P3=@smin(P31+P32+P33+P34+P35+P36+P37+P38);$

$P4=@smin(P41+P42+P43+P44+P45+P46+P47+P48);$

$P5=@smin(P51+P52+P53+P54+P55+P56+P57+P58);$

$P6=@smin(P61+P62+P63+P64+P65+P66+P67+P68);$

$P7=@smin(P71+P72+P73+P74+P75+P76+P77+P78);$

@GIN (P11);

@GIN (P12);

@GIN (P13);

@GIN (P14);

@GIN (P15);

@GIN (P16);

@GIN (P17);

@GIN (P18);

@GIN (P21);

@GIN (P22);

@GIN (P23);

@GIN (P24);

@GIN (P25);

@GIN (P26);

@GIN (P27);

@GIN (P28);

@GIN (P31);

@GIN (P32);

@GIN (P33);

@GIN (P34);

@GIN (P35);

@GIN (P36);

@GIN (P37);

@GIN (P38);

@GIN (P41);
@GIN (P42);
@GIN (P43);
@GIN (P44);
@GIN (P45);
@GIN (P46);
@GIN (P47);
@GIN (P48);
@GIN (P51);
@GIN (P52);
@GIN (P53);
@GIN (P54);
@GIN (P55);
@GIN (P56);
@GIN (P57);
@GIN (P58);
@GIN (P61);
@GIN (P62);
@GIN (P63);
@GIN (P64);
@GIN (P65);
@GIN (P66);
@GIN (P67);
@GIN (P68);
@GIN (P71);
@GIN (P72);
@GIN (P73);
@GIN (P74);
@GIN (P75);
@GIN (P76);
@GIN (P77);
@GIN (P78);
@GIN (Fa);
@GIN (Fb);
@GIN (Fc);
@GIN (Fd);
@GIN (CantPT);
@GIN (P1);
@GIN (P2);
@GIN (P3);
@GIN (P4);
@GIN (P5);
@GIN (P6);
@GIN (P7);

R11=Fc;
R12=Fc+P11;
R13=Fc+P11;
R14=Fc+P11;
R15=Fc+Fd+P11;

$R16 = Fc + Fd + P11 + P12;$
 $R17 = Fc + Fd + P11 + P12;$
 $R18 = Fc + Fd + P11 + P12;$
 $R19 = Fc + Fd + P11 + P12;$
 $R110 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13;$
 $R111 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13;$
 $R112 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13;$
 $R113 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13;$
 $R114 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14;$
 $R115 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14;$
 $R116 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14;$
 $R117 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14;$
 $R118 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14 + P15;$
 $R119 = Fc + Fd + P11 + P12 + P13 + P14 + P15;$
 $R120 = Fc + Fd + P12 + P13 + P14 + P15;$
 $R121 = Fc + Fd + P12 + P13 + P14 + P15;$
 $R122 = Fc + Fd + P12 + P13 + P14 + P15 + P16;$
 $R123 = Fc + Fd + P12 + P13 + P14 + P15 + P16;$
 $R124 = Fc + Fd + P13 + P14 + P15 + P16;$
 $R125 = Fc + Fd + P13 + P14 + P15 + P16;$
 $R126 = Fc + Fd + P13 + P14 + P15 + P16 + P17;$
 $R127 = Fc + Fd + P13 + P14 + P15 + P16 + P17;$
 $R128 = Fc + Fd + P14 + P15 + P16 + P17;$
 $R129 = Fc + Fd + P14 + P15 + P16 + P17;$
 $R130 = Fc + Fd + P14 + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R131 = Fc + Fd + P14 + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R132 = Fc + Fd + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R133 = Fc + Fd + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R134 = Fc + Fd + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R135 = Fc + Fd + P15 + P16 + P17 + P18;$
 $R136 = Fc + Fd + P16 + P17 + P18;$
 $R137 = Fc + Fd + P16 + P17 + P18;$
 $R138 = Fc + Fd + P16 + P17 + P18;$
 $R139 = Fc + Fd + P16 + P17 + P18;$
 $R140 = Fc + Fd + P17 + P18;$
 $R141 = Fc + Fd + P17 + P18;$
 $R142 = Fc + Fd + P17 + P18;$
 $R143 = Fc + Fd + P17 + P18;$
 $R144 = Fc + Fd + P18;$
 $R145 = P18;$
 $R146 = P18;$
 $R147 = P18;$
 $R21 = Fa;$
 $R22 = Fa + P21;$
 $R23 = Fa + P21;$
 $R24 = Fa + P21;$
 $R25 = Fa + Fd + P21;$
 $R26 = Fa + Fd + P21 + P22;$
 $R27 = Fa + Fd + P21 + P22;$
 $R28 = Fa + Fd + P21 + P22;$

$R_{29}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22};$
 $R_{210}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23};$
 $R_{211}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23};$
 $R_{212}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23};$
 $R_{213}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23};$
 $R_{214}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24};$
 $R_{215}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24};$
 $R_{216}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24};$
 $R_{217}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24};$
 $R_{218}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25};$
 $R_{219}=Fa+Fd+P_{21}+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25};$
 $R_{220}=Fa+Fd+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25};$
 $R_{221}=Fa+Fd+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25};$
 $R_{222}=Fa+Fd+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26};$
 $R_{223}=Fa+Fd+P_{22}+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26};$
 $R_{224}=Fa+Fd+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26};$
 $R_{225}=Fa+Fd+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26};$
 $R_{226}=Fa+Fd+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27};$
 $R_{227}=Fa+Fd+P_{23}+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27};$
 $R_{228}=Fa+Fd+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27};$
 $R_{229}=Fa+Fd+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27};$
 $R_{230}=Fa+Fd+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{231}=Fa+Fd+P_{24}+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{232}=Fa+Fd+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{233}=Fa+Fd+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{234}=Fa+Fd+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{235}=Fa+Fd+P_{25}+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{236}=Fa+Fd+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{237}=Fa+Fd+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{238}=Fa+Fd+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{239}=Fa+Fd+P_{26}+P_{27}+P_{28};$
 $R_{240}=Fa+Fd+P_{27}+P_{28};$
 $R_{241}=Fa+Fd+P_{27}+P_{28};$
 $R_{242}=Fa+Fd+P_{27}+P_{28};$
 $R_{243}=Fd+P_{27}+P_{28};$
 $R_{244}=Fd+P_{28};$
 $R_{245}=Fd+P_{28};$
 $R_{246}=P_{28};$
 $R_{247}=P_{28};$
 $R_{31}=Fa+Fb;$
 $R_{32}=Fa+Fb+P_{31};$
 $R_{33}=Fa+Fb+P_{31};$
 $R_{34}=Fa+Fb+P_{31};$
 $R_{35}=Fa+Fb+P_{31};$
 $R_{36}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32};$
 $R_{37}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32};$
 $R_{38}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32};$
 $R_{39}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32};$
 $R_{310}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32}+P_{33};$
 $R_{311}=Fa+Fb+P_{31}+P_{32}+P_{33};$

R312=Fa+Fb+P31+P32+P33;
 R313=Fa+Fb+P31+P32+P33;
 R314=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34;
 R315=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34;
 R316=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34;
 R317=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34;
 R318=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34+P35;
 R319=Fa+Fb+P31+P32+P33+P34+P35;
 R320=Fa+Fb+P32+P33+P34+P35;
 R321=Fa+Fb+P32+P33+P34+P35;
 R322=Fa+Fb+P32+P33+P34+P35+P36;
 R323=Fa+Fb+P32+P33+P34+P35+P36;
 R324=Fa+Fb+P33+P34+P35+P36;
 R325=Fa+Fb+P33+P34+P35+P36;
 R326=Fa+Fb+P33+P34+P35+P36+P37;
 R327=Fa+Fb+P33+P34+P35+P36+P37;
 R328=Fa+Fb+P34+P35+P36+P37;
 R329=Fa+Fb+P34+P35+P36+P37;
 R330=Fa+Fb+P34+P35+P36+P37+P38;
 R331=Fa+Fb+P34+P35+P36+P37+P38;
 R332=Fa+Fb+P35+P36+P37+P38;
 R333=Fa+Fb+P35+P36+P37+P38;
 R334=Fa+Fb+P35+P36+P37+P38;
 R335=Fa+Fb+P35+P36+P37+P38;
 R336=Fa+Fb+P36+P37+P38;
 R337=Fa+Fb+P36+P37+P38;
 R338=Fa+Fb+P36+P37+P38;
 R339=Fa+Fb+P36+P37+P38;
 R340=Fa+Fb+P37+P38;
 R341=Fa+Fb+P37+P38;
 R342=Fa+Fb+P37+P38;
 R343=Fa+Fb+P37+P38;
 R344=P38;
 R345=P38;
 R346=P38;
 R347=P38;
 R41=Fa;
 R42=Fa+P41;
 R43=Fa+P41;
 R44=Fa+P41;
 R45=Fa+Fb+Fc+P41;
 R46=Fa+Fb+Fc+P41+P42;
 R47=Fa+Fb+Fc+P41+P42;
 R48=Fa+Fb+Fc+P41+P42;
 R49=Fa+Fb+Fc+P41+P42;
 R410=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43;
 R411=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43;
 R412=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43;
 R413=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43;
 R414=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44;

R415=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44;
 R416=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44;
 R417=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44;
 R418=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44+P45;
 R419=Fa+Fb+Fc+P41+P42+P43+P44+P45;
 R420=Fa+Fb+Fc+P42+P43+P44+P45;
 R421=Fa+Fb+Fc+P42+P43+P44+P45;
 R422=Fa+Fb+Fc+P42+P43+P44+P45+P46;
 R423=Fa+Fb+Fc+P42+P43+P44+P45+P46;
 R424=Fa+Fb+Fc+P43+P44+P45+P46;
 R425=Fa+Fb+Fc+P43+P44+P45+P46;
 R426=Fa+Fb+Fc+P43+P44+P45+P46+P47;
 R427=Fa+Fb+Fc+P43+P44+P45+P46+P47;
 R428=Fa+Fb+Fc+P44+P45+P46+P47;
 R429=Fa+Fb+Fc+P44+P45+P46+P47;
 R430=Fa+Fb+Fc+P44+P45+P46+P47+P48;
 R431=Fa+Fb+Fc+P44+P45+P46+P47+P48;
 R432=Fa+Fb+Fc+P45+P46+P47+P48;
 R433=Fa+Fb+Fc+P45+P46+P47+P48;
 R434=Fa+Fb+Fc+P45+P46+P47+P48;
 R435=Fa+Fb+Fc+P45+P46+P47+P48;
 R436=Fa+Fb+Fc+P46+P47+P48;
 R437=Fa+Fb+Fc+P46+P47+P48;
 R438=Fa+Fb+Fc+P46+P47+P48;
 R439=Fa+Fb+Fc+P46+P47+P48;
 R440=Fa+Fb+Fc+P47+P48;
 R441=Fa+Fb+Fc+P47+P48;
 R442=Fa+Fb+Fc+P47+P48;
 R443=Fa+Fb+Fc+P47+P48;
 R444=Fb+Fc+P48;
 R445=Fc+P48;
 R446=P48;
 R447=P48;
 R51=Fb;
 R52=Fb+P51;
 R53=Fb+P51;
 R54=Fb+P51;
 R55=Fa+Fb+Fc+Fd+P51;
 R56=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52;
 R57=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52;
 R58=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52;
 R59=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52;
 R510=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53;
 R511=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53;
 R512=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53;
 R513=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53;
 R514=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54;
 R515=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54;
 R516=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54;
 R517=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54;

R518=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54+P55;
 R519=Fa+Fb+Fc+Fd+P51+P52+P53+P54+P55;
 R520=Fa+Fb+Fc+Fd+P52+P53+P54+P55;
 R521=Fa+Fb+Fc+Fd+P52+P53+P54+P55;
 R522=Fa+Fb+Fc+Fd+P52+P53+P54+P55+P56;
 R523=Fa+Fb+Fc+Fd+P52+P53+P54+P55+P56;
 R524=Fa+Fb+Fc+Fd+P53+P54+P55+P56;
 R525=Fa+Fb+Fc+Fd+P53+P54+P55+P56;
 R526=Fa+Fb+Fc+Fd+P53+P54+P55+P56+P57;
 R527=Fa+Fb+Fc+Fd+P53+P54+P55+P56+P57;
 R528=Fa+Fb+Fc+Fd+P54+P55+P56+P57;
 R529=Fa+Fb+Fc+Fd+P54+P55+P56+P57;
 R530=Fa+Fb+Fc+Fd+P54+P55+P56+P57+P58;
 R531=Fa+Fb+Fc+Fd+P54+P55+P56+P57+P58;
 R532=Fa+Fb+Fc+Fd+P55+P56+P57+P58;
 R533=Fa+Fb+Fc+Fd+P55+P56+P57+P58;
 R534=Fa+Fb+Fc+Fd+P55+P56+P57+P58;
 R535=Fa+Fb+Fc+Fd+P55+P56+P57+P58;
 R536=Fa+Fb+Fc+Fd+P56+P57+P58;
 R537=Fa+Fb+Fc+Fd+P56+P57+P58;
 R538=Fa+Fb+Fc+Fd+P56+P57+P58;
 R539=Fa+Fb+Fc+Fd+P56+P57+P58;
 R540=Fa+Fb+Fc+Fd+P57+P58;
 R541=Fa+Fb+Fc+Fd+P57+P58;
 R542=Fa+Fb+Fc+Fd+P57+P58;
 R543=Fa+Fb+Fc+Fd+P57+P58;
 R544=Fa+Fb+Fc+Fd+P58;
 R545=Fa+Fb+Fc+Fd+P58;
 R546=P58;
 R547=P58;
 R61=Fd;
 R62=Fd+P61;
 R63=Fd+P61;
 R64=Fd+P61;
 R65=Fa+Fb+Fc+Fd+P61;
 R66=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62;
 R67=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62;
 R68=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62;
 R69=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62;
 R610=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63;
 R611=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63;
 R612=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63;
 R613=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63;
 R614=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64;
 R615=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64;
 R616=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64;
 R617=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64;
 R618=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64+P65;
 R619=Fa+Fb+Fc+Fd+P61+P62+P63+P64+P65;
 R620=Fa+Fb+Fc+Fd+P62+P63+P64+P65;

R621=Fa+Fb+Fc+Fd+P62+P63+P64+P65;
 R622=Fa+Fb+Fc+Fd+P62+P63+P64+P65+P66;
 R623=Fa+Fb+Fc+Fd+P62+P63+P64+P65+P66;
 R624=Fa+Fb+Fc+Fd+P63+P64+P65+P66;
 R625=Fa+Fb+Fc+Fd+P63+P64+P65+P66;
 R626=Fa+Fb+Fc+Fd+P63+P64+P65+P66+P67;
 R627=Fa+Fb+Fc+Fd+P63+P64+P65+P66+P67;
 R628=Fa+Fb+Fc+Fd+P64+P65+P66+P67;
 R629=Fa+Fb+Fc+Fd+P64+P65+P66+P67;
 R630=Fa+Fb+Fc+Fd+P64+P65+P66+P67+P68;
 R631=Fa+Fb+Fc+Fd+P64+P65+P66+P67+P68;
 R632=Fa+Fb+Fc+Fd+P65+P66+P67+P68;
 R633=Fa+Fb+Fc+Fd+P65+P66+P67+P68;
 R634=Fa+Fb+Fc+Fd+P65+P66+P67+P68;
 R635=Fa+Fb+Fc+Fd+P65+P66+P67+P68;
 R636=Fa+Fb+Fc+Fd+P66+P67+P68;
 R637=Fa+Fb+Fc+Fd+P66+P67+P68;
 R638=Fa+Fb+Fc+Fd+P66+P67+P68;
 R639=Fa+Fb+Fc+Fd+P66+P67+P68;
 R640=Fa+Fb+Fc+Fd+P67+P68;
 R641=Fa+Fb+Fc+Fd+P67+P68;
 R642=Fa+Fb+Fc+Fd+P67+P68;
 R643=Fa+Fb+Fc+Fd+P67+P68;
 R644=Fa+Fb+Fc+Fd+P68;
 R645=Fa+Fb+Fc+Fd+P68;
 R646=Fa+Fb+Fc+P68;
 R647=Fa+Fb+Fc+P68;
 R71=Fd;
 R72=Fd+P71;
 R73=Fd+P71;
 R74=Fd+P71;
 R75=Fb+Fc+Fd+P71;
 R76=Fb+Fc+Fd+P71+P72;
 R77=Fb+Fc+Fd+P71+P72;
 R78=Fb+Fc+Fd+P71+P72;
 R79=Fb+Fc+Fd+P71+P72;
 R710=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73;
 R711=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73;
 R712=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73;
 R713=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73;
 R714=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74;
 R715=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74;
 R716=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74;
 R717=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74;
 R718=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74+P75;
 R719=Fb+Fc+Fd+P71+P72+P73+P74+P75;
 R720=Fb+Fc+Fd+P72+P73+P74+P75;
 R721=Fb+Fc+Fd+P72+P73+P74+P75;
 R722=Fb+Fc+Fd+P72+P73+P74+P75+P76;
 R723=Fb+Fc+Fd+P72+P73+P74+P75+P76;

$R724 = Fb + Fc + Fd + P73 + P74 + P75 + P76;$
 $R725 = Fb + Fc + Fd + P73 + P74 + P75 + P76;$
 $R726 = Fb + Fc + Fd + P73 + P74 + P75 + P76 + P77;$
 $R727 = Fb + Fc + Fd + P73 + P74 + P75 + P76 + P77;$
 $R728 = Fb + Fc + Fd + P74 + P75 + P76 + P77;$
 $R729 = Fb + Fc + Fd + P74 + P75 + P76 + P77;$
 $R730 = Fb + Fc + Fd + P74 + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R731 = Fb + Fc + Fd + P74 + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R732 = Fb + Fc + Fd + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R733 = Fb + Fc + Fd + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R734 = Fb + Fc + Fd + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R735 = Fb + Fc + Fd + P75 + P76 + P77 + P78;$
 $R736 = Fb + Fc + Fd + P76 + P77 + P78;$
 $R737 = Fb + Fc + Fd + P76 + P77 + P78;$
 $R738 = Fb + Fc + Fd + P76 + P77 + P78;$
 $R739 = Fb + Fc + Fd + P76 + P77 + P78;$
 $R740 = Fb + Fc + Fd + P77 + P78;$
 $R741 = Fb + Fc + Fd + P77 + P78;$
 $R742 = Fb + Fc + Fd + P77 + P78;$
 $R743 = Fb + Fc + Fd + P77 + P78;$
 $R744 = Fb + Fc + Fd + P78;$
 $R745 = Fb + Fc + Fd + P78;$
 $R746 = Fc + P78;$
 $R747 = Fc + P78;$

$0.7650 * Fc \geq 2.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.6975 * P11 \geq 2.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.6975 * P11 \geq 2.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.6975 * P11 \geq 2.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 \geq 2.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 \geq 4.1;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 \geq 4.1;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 \geq 4.1;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 \geq 4.1;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 \geq 4.5;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 \geq 4.5;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 \geq 4.5;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 \geq 4.5;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 + 0.6975 * P14 \geq 4.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 + 0.6975 * P14 \geq 4.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 + 0.6975 * P14 \geq 4.4;$
 $0.7650 * Fc + 0.7650 * Fd + 0.6975 * P11 + 0.6975 * P12 + 0.6975 * P13 + 0.6975 * P14 \geq 4.4;$

ANEXO #2

RESULTADOS LINGO:

Global optimal solution found.
Objective value: 78183.00
Objective bound: 78183.00
Infeasibilities: 0.000000
Extended solver steps: 62
Total solver iterations: 455
Elapsed runtime seconds: 0.80

Model Class: MILP

Total variables: 398
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 68

Total constraints: 983
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 5953
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
P11	0.000000	0.000000
P12	0.000000	0.000000
P13	0.000000	0.000000
P14	2.000000	0.000000
P15	0.000000	0.000000
P16	0.000000	0.000000
P17	0.000000	0.000000
P18	11.000000	0.000000
P21	0.000000	0.000000
P22	0.000000	0.000000
P23	0.000000	0.000000
P24	2.000000	0.000000
P25	0.000000	0.000000
P26	0.000000	0.000000
P27	0.000000	0.000000
P28	6.000000	0.000000
P31	0.000000	0.000000
P32	0.000000	0.000000
P33	0.000000	0.000000
P34	1.000000	0.000000
P35	0.000000	0.000000
P36	0.000000	0.000000

P37	2.000000	0.000000
P38	12.000000	0.000000
P41	0.000000	0.000000
P42	0.000000	0.000000
P43	0.000000	0.000000
P44	0.000000	0.000000
P45	0.000000	0.000000
P46	0.000000	0.000000
P47	0.000000	0.000000
P48	8.000000	0.000000
P51	0.000000	0.000000
P52	0.000000	0.000000
P53	0.000000	0.000000
P54	0.000000	0.000000
P55	0.000000	0.000000
P56	0.000000	0.000000
P57	0.000000	0.000000
P58	4.000000	0.000000
P61	0.000000	0.000000
P62	0.000000	0.000000
P63	0.000000	0.000000
P64	0.000000	0.000000
P65	0.000000	0.000000
P66	2.000000	0.000000
P67	4.000000	0.000000
P68	1.000000	0.000000
P71	0.000000	0.000000
P72	0.000000	0.000000
P73	0.000000	0.000000
P74	0.000000	0.000000
P75	0.000000	0.000000
P76	4.000000	0.000000
P77	7.000000	0.000000
P78	2.000000	0.000000
FA	4.000000	3559.000
FB	4.000000	3559.000
FC	4.000000	3559.000
FD	5.000000	3559.000
CANTPT	17.000000	1040.000
P1	13.000000	0.000000
P2	8.000000	0.000000
P3	15.000000	0.000000
P4	8.000000	0.000000
P5	4.000000	0.000000
P6	7.000000	0.000000
P7	13.000000	0.000000
SUELDO	78183.00	0.000000
R11	4.000000	0.000000
R12	4.000000	0.000000
R13	4.000000	0.000000

R14	4.000000	0.000000
R15	9.000000	0.000000
R16	9.000000	0.000000
R17	9.000000	0.000000
R18	9.000000	0.000000
R19	9.000000	0.000000
R110	9.000000	0.000000
R111	9.000000	0.000000
R112	9.000000	0.000000
R113	9.000000	0.000000
R114	11.00000	0.000000
R115	11.00000	0.000000
R116	11.00000	0.000000
R117	11.00000	0.000000
R118	11.00000	0.000000
R119	11.00000	0.000000
R120	11.00000	0.000000
R121	11.00000	0.000000
R122	11.00000	0.000000
R123	11.00000	0.000000
R124	11.00000	0.000000
R125	11.00000	0.000000
R126	11.00000	0.000000
R127	11.00000	0.000000
R128	11.00000	0.000000
R129	11.00000	0.000000
R130	22.00000	0.000000
R131	22.00000	0.000000
R132	20.00000	0.000000
R133	20.00000	0.000000
R134	20.00000	0.000000
R135	20.00000	0.000000
R136	20.00000	0.000000
R137	20.00000	0.000000
R138	20.00000	0.000000
R139	20.00000	0.000000
R140	20.00000	0.000000
R141	20.00000	0.000000
R142	20.00000	0.000000
R143	20.00000	0.000000
R144	20.00000	0.000000
R145	11.00000	0.000000
R146	11.00000	0.000000
R147	11.00000	0.000000
R21	4.000000	0.000000
R22	4.000000	0.000000
R23	4.000000	0.000000
R24	4.000000	0.000000
R25	9.000000	0.000000
R26	9.000000	0.000000

R27	9.000000	0.000000
R28	9.000000	0.000000
R29	9.000000	0.000000
R210	9.000000	0.000000
R211	9.000000	0.000000
R212	9.000000	0.000000
R213	9.000000	0.000000
R214	11.00000	0.000000
R215	11.00000	0.000000
R216	11.00000	0.000000
R217	11.00000	0.000000
R218	11.00000	0.000000
R219	11.00000	0.000000
R220	11.00000	0.000000
R221	11.00000	0.000000
R222	11.00000	0.000000
R223	11.00000	0.000000
R224	11.00000	0.000000
R225	11.00000	0.000000
R226	11.00000	0.000000
R227	11.00000	0.000000
R228	11.00000	0.000000
R229	11.00000	0.000000
R230	17.00000	0.000000
R231	17.00000	0.000000
R232	15.00000	0.000000
R233	15.00000	0.000000
R234	15.00000	0.000000
R235	15.00000	0.000000
R236	15.00000	0.000000
R237	15.00000	0.000000
R238	15.00000	0.000000
R239	15.00000	0.000000
R240	15.00000	0.000000
R241	15.00000	0.000000
R242	15.00000	0.000000
R243	11.00000	0.000000
R244	11.00000	0.000000
R245	11.00000	0.000000
R246	6.000000	0.000000
R247	6.000000	0.000000
R31	8.000000	0.000000
R32	8.000000	0.000000
R33	8.000000	0.000000
R34	8.000000	0.000000
R35	8.000000	0.000000
R36	8.000000	0.000000
R37	8.000000	0.000000
R38	8.000000	0.000000
R39	8.000000	0.000000

R310	8.000000	0.000000
R311	8.000000	0.000000
R312	8.000000	0.000000
R313	8.000000	0.000000
R314	9.000000	0.000000
R315	9.000000	0.000000
R316	9.000000	0.000000
R317	9.000000	0.000000
R318	9.000000	0.000000
R319	9.000000	0.000000
R320	9.000000	0.000000
R321	9.000000	0.000000
R322	9.000000	0.000000
R323	9.000000	0.000000
R324	9.000000	0.000000
R325	9.000000	0.000000
R326	11.00000	0.000000
R327	11.00000	0.000000
R328	11.00000	0.000000
R329	11.00000	0.000000
R330	23.00000	0.000000
R331	23.00000	0.000000
R332	22.00000	0.000000
R333	22.00000	0.000000
R334	22.00000	0.000000
R335	22.00000	0.000000
R336	22.00000	0.000000
R337	22.00000	0.000000
R338	22.00000	0.000000
R339	22.00000	0.000000
R340	22.00000	0.000000
R341	22.00000	0.000000
R342	22.00000	0.000000
R343	22.00000	0.000000
R344	12.00000	0.000000
R345	12.00000	0.000000
R346	12.00000	0.000000
R347	12.00000	0.000000
R41	4.000000	0.000000
R42	4.000000	0.000000
R43	4.000000	0.000000
R44	4.000000	0.000000
R45	12.00000	0.000000
R46	12.00000	0.000000
R47	12.00000	0.000000
R48	12.00000	0.000000
R49	12.00000	0.000000
R410	12.00000	0.000000
R411	12.00000	0.000000
R412	12.00000	0.000000

R413	12.00000	0.000000
R414	12.00000	0.000000
R415	12.00000	0.000000
R416	12.00000	0.000000
R417	12.00000	0.000000
R418	12.00000	0.000000
R419	12.00000	0.000000
R420	12.00000	0.000000
R421	12.00000	0.000000
R422	12.00000	0.000000
R423	12.00000	0.000000
R424	12.00000	0.000000
R425	12.00000	0.000000
R426	12.00000	0.000000
R427	12.00000	0.000000
R428	12.00000	0.000000
R429	12.00000	0.000000
R430	20.00000	0.000000
R431	20.00000	0.000000
R432	20.00000	0.000000
R433	20.00000	0.000000
R434	20.00000	0.000000
R435	20.00000	0.000000
R436	20.00000	0.000000
R437	20.00000	0.000000
R438	20.00000	0.000000
R439	20.00000	0.000000
R440	20.00000	0.000000
R441	20.00000	0.000000
R442	20.00000	0.000000
R443	20.00000	0.000000
R444	16.00000	0.000000
R445	12.00000	0.000000
R446	8.000000	0.000000
R447	8.000000	0.000000
R51	4.000000	0.000000
R52	4.000000	0.000000
R53	4.000000	0.000000
R54	4.000000	0.000000
R55	17.00000	0.000000
R56	17.00000	0.000000
R57	17.00000	0.000000
R58	17.00000	0.000000
R59	17.00000	0.000000
R510	17.00000	0.000000
R511	17.00000	0.000000
R512	17.00000	0.000000
R513	17.00000	0.000000
R514	17.00000	0.000000
R515	17.00000	0.000000

R516	17.00000	0.000000
R517	17.00000	0.000000
R518	17.00000	0.000000
R519	17.00000	0.000000
R520	17.00000	0.000000
R521	17.00000	0.000000
R522	17.00000	0.000000
R523	17.00000	0.000000
R524	17.00000	0.000000
R525	17.00000	0.000000
R526	17.00000	0.000000
R527	17.00000	0.000000
R528	17.00000	0.000000
R529	17.00000	0.000000
R530	21.00000	0.000000
R531	21.00000	0.000000
R532	21.00000	0.000000
R533	21.00000	0.000000
R534	21.00000	0.000000
R535	21.00000	0.000000
R536	21.00000	0.000000
R537	21.00000	0.000000
R538	21.00000	0.000000
R539	21.00000	0.000000
R540	21.00000	0.000000
R541	21.00000	0.000000
R542	21.00000	0.000000
R543	21.00000	0.000000
R544	21.00000	0.000000
R545	21.00000	0.000000
R546	4.000000	0.000000
R547	4.000000	0.000000
R61	5.000000	0.000000
R62	5.000000	0.000000
R63	5.000000	0.000000
R64	5.000000	0.000000
R65	17.00000	0.000000
R66	17.00000	0.000000
R67	17.00000	0.000000
R68	17.00000	0.000000
R69	17.00000	0.000000
R610	17.00000	0.000000
R611	17.00000	0.000000
R612	17.00000	0.000000
R613	17.00000	0.000000
R614	17.00000	0.000000
R615	17.00000	0.000000
R616	17.00000	0.000000
R617	17.00000	0.000000
R618	17.00000	0.000000

R619	17.00000	0.000000
R620	17.00000	0.000000
R621	17.00000	0.000000
R622	19.00000	0.000000
R623	19.00000	0.000000
R624	19.00000	0.000000
R625	19.00000	0.000000
R626	23.00000	0.000000
R627	23.00000	0.000000
R628	23.00000	0.000000
R629	23.00000	0.000000
R630	24.00000	0.000000
R631	24.00000	0.000000
R632	24.00000	0.000000
R633	24.00000	0.000000
R634	24.00000	0.000000
R635	24.00000	0.000000
R636	24.00000	0.000000
R637	24.00000	0.000000
R638	24.00000	0.000000
R639	24.00000	0.000000
R640	22.00000	0.000000
R641	22.00000	0.000000
R642	22.00000	0.000000
R643	22.00000	0.000000
R644	18.00000	0.000000
R645	18.00000	0.000000
R646	13.00000	0.000000
R647	13.00000	0.000000
R71	5.000000	0.000000
R72	5.000000	0.000000
R73	5.000000	0.000000
R74	5.000000	0.000000
R75	13.00000	0.000000
R76	13.00000	0.000000
R77	13.00000	0.000000
R78	13.00000	0.000000
R79	13.00000	0.000000
R710	13.00000	0.000000
R711	13.00000	0.000000
R712	13.00000	0.000000
R713	13.00000	0.000000
R714	13.00000	0.000000
R715	13.00000	0.000000
R716	13.00000	0.000000
R717	13.00000	0.000000
R718	13.00000	0.000000
R719	13.00000	0.000000
R720	13.00000	0.000000
R721	13.00000	0.000000

R722	17.00000	0.000000
R723	17.00000	0.000000
R724	17.00000	0.000000
R725	17.00000	0.000000
R726	24.00000	0.000000
R727	24.00000	0.000000
R728	24.00000	0.000000
R729	24.00000	0.000000
R730	26.00000	0.000000
R731	26.00000	0.000000
R732	26.00000	0.000000
R733	26.00000	0.000000
R734	26.00000	0.000000
R735	26.00000	0.000000
R736	26.00000	0.000000
R737	26.00000	0.000000
R738	26.00000	0.000000
R739	26.00000	0.000000
R740	22.00000	0.000000
R741	22.00000	0.000000
R742	22.00000	0.000000
R743	22.00000	0.000000
R744	15.00000	0.000000
R745	15.00000	0.000000
R746	6.000000	0.000000
R747	6.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	78183.00	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000

23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	0.000000
54	0.000000	0.000000
55	0.000000	0.000000
56	0.000000	0.000000
57	0.000000	0.000000
58	0.000000	0.000000
59	0.000000	0.000000
60	0.000000	0.000000
61	0.000000	0.000000
62	0.000000	0.000000
63	0.000000	0.000000
64	0.000000	0.000000
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	0.000000
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	0.000000
69	0.000000	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	0.000000	0.000000
72	0.000000	0.000000

73	0.000000	0.000000
74	0.000000	0.000000
75	0.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000

123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	0.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000
142	0.000000	0.000000
143	0.000000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.000000
146	0.000000	0.000000
147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	0.000000	0.000000
153	0.000000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	0.000000	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	0.000000	0.000000
162	0.000000	0.000000
163	0.000000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	0.000000	0.000000
168	0.000000	0.000000
169	0.000000	0.000000
170	0.000000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000

173	0.000000	0.000000
174	0.000000	0.000000
175	0.000000	0.000000
176	0.000000	0.000000
177	0.000000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000
180	0.000000	0.000000
181	0.000000	0.000000
182	0.000000	0.000000
183	0.000000	0.000000
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000
193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	0.000000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	0.000000	0.000000
198	0.000000	0.000000
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	0.000000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	0.000000	0.000000
205	0.000000	0.000000
206	0.000000	0.000000
207	0.000000	0.000000
208	0.000000	0.000000
209	0.000000	0.000000
210	0.000000	0.000000
211	0.000000	0.000000
212	0.000000	0.000000
213	0.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000
218	0.000000	0.000000
219	0.000000	0.000000
220	0.000000	0.000000
221	0.000000	0.000000
222	0.000000	0.000000

223	0.000000	0.000000
224	0.000000	0.000000
225	0.000000	0.000000
226	0.000000	0.000000
227	0.000000	0.000000
228	0.000000	0.000000
229	0.000000	0.000000
230	0.000000	0.000000
231	0.000000	0.000000
232	0.000000	0.000000
233	0.000000	0.000000
234	0.000000	0.000000
235	0.000000	0.000000
236	0.000000	0.000000
237	0.000000	0.000000
238	0.000000	0.000000
239	0.000000	0.000000
240	0.000000	0.000000
241	0.000000	0.000000
242	0.000000	0.000000
243	0.000000	0.000000
244	0.000000	0.000000
245	0.000000	0.000000
246	0.000000	0.000000
247	0.000000	0.000000
248	0.000000	0.000000
249	0.000000	0.000000
250	0.000000	0.000000
251	0.000000	0.000000
252	0.000000	0.000000
253	0.000000	0.000000
254	0.000000	0.000000
255	0.000000	0.000000
256	0.000000	0.000000
257	0.000000	0.000000
258	0.000000	0.000000
259	0.000000	0.000000
260	0.000000	0.000000
261	0.000000	0.000000
262	0.000000	0.000000
263	0.000000	0.000000
264	0.000000	0.000000
265	0.000000	0.000000
266	0.000000	0.000000
267	0.000000	0.000000
268	0.000000	0.000000
269	0.000000	0.000000
270	0.000000	0.000000
271	0.000000	0.000000
272	0.000000	0.000000

273	0.000000	0.000000
274	0.000000	0.000000
275	0.000000	0.000000
276	0.000000	0.000000
277	0.000000	0.000000
278	0.000000	0.000000
279	0.000000	0.000000
280	0.000000	0.000000
281	0.000000	0.000000
282	0.000000	0.000000
283	0.000000	0.000000
284	0.000000	0.000000
285	0.000000	0.000000
286	0.000000	0.000000
287	0.000000	0.000000
288	0.000000	0.000000
289	0.000000	0.000000
290	0.000000	0.000000
291	0.000000	0.000000
292	0.000000	0.000000
293	0.000000	0.000000
294	0.000000	0.000000
295	0.000000	0.000000
296	0.000000	0.000000
297	0.000000	0.000000
298	0.000000	0.000000
299	0.000000	0.000000
300	0.000000	0.000000
301	0.000000	0.000000
302	0.000000	0.000000
303	0.000000	0.000000
304	0.000000	0.000000
305	0.000000	0.000000
306	0.000000	0.000000
307	0.000000	0.000000
308	0.000000	0.000000
309	0.000000	0.000000
310	0.000000	0.000000
311	0.000000	0.000000
312	0.000000	0.000000
313	0.000000	0.000000
314	0.000000	0.000000
315	0.000000	0.000000
316	0.000000	0.000000
317	0.000000	0.000000
318	0.000000	0.000000
319	0.000000	0.000000
320	0.000000	0.000000
321	0.000000	0.000000
322	0.000000	0.000000

323	0.000000	0.000000
324	0.000000	0.000000
325	0.000000	0.000000
326	0.000000	0.000000
327	0.000000	0.000000
328	0.000000	0.000000
329	0.000000	0.000000
330	0.000000	0.000000
331	0.000000	0.000000
332	0.000000	0.000000
333	0.000000	0.000000
334	0.000000	0.000000
335	0.000000	0.000000
336	0.000000	0.000000
337	0.000000	0.000000
338	0.000000	0.000000
339	0.000000	0.000000
340	0.660000	0.000000
341	0.660000	0.000000
342	0.660000	0.000000
343	0.660000	0.000000
344	4.485000	0.000000
345	2.785000	0.000000
346	2.785000	0.000000
347	2.785000	0.000000
348	2.785000	0.000000
349	2.385000	0.000000
350	2.385000	0.000000
351	2.385000	0.000000
352	2.385000	0.000000
353	3.880000	0.000000
354	3.880000	0.000000
355	3.880000	0.000000
356	3.880000	0.000000
357	3.580000	0.000000
358	3.580000	0.000000
359	3.580000	0.000000
360	3.580000	0.000000
361	2.580000	0.000000
362	2.580000	0.000000
363	2.580000	0.000000
364	2.580000	0.000000
365	0.680000	0.000000
366	0.680000	0.000000
367	0.680000	0.000000
368	0.680000	0.000000
369	6.252500	0.000000
370	6.252500	0.000000
371	4.857500	0.000000
372	4.857500	0.000000

373	3.757500	0.000000
374	3.757500	0.000000
375	3.757500	0.000000
376	3.757500	0.000000
377	3.957500	0.000000
378	3.957500	0.000000
379	3.957500	0.000000
380	3.957500	0.000000
381	7.257500	0.000000
382	7.257500	0.000000
383	7.257500	0.000000
384	0.3725000	0.0000000
385	7.372500	0.000000
386	7.372500	0.000000
387	15.24000	0.000000
388	15.24000	0.000000
389	15.24000	0.000000
390	15.24000	0.000000
391	11.41500	0.000000
392	11.41500	0.000000
393	11.41500	0.000000
394	11.41500	0.000000
395	11.41500	0.000000
396	11.41500	0.000000
397	11.41500	0.000000
398	11.41500	0.000000
399	11.41500	0.000000
400	10.02000	0.000000
401	10.02000	0.000000
402	10.02000	0.000000
403	10.02000	0.000000
404	10.02000	0.000000
405	10.02000	0.000000
406	10.02000	0.000000
407	10.02000	0.000000
408	10.02000	0.000000
409	10.02000	0.000000
410	10.02000	0.000000
411	10.02000	0.000000
412	10.02000	0.000000
413	10.02000	0.000000
414	10.02000	0.000000
415	10.02000	0.000000
416	2.347500	0.000000
417	2.347500	0.000000
418	3.742500	0.000000
419	3.742500	0.000000
420	3.742500	0.000000
421	3.742500	0.000000
422	3.742500	0.000000

423	3.742500	0.000000
424	3.742500	0.000000
425	3.742500	0.000000
426	3.742500	0.000000
427	3.742500	0.000000
428	3.742500	0.000000
429	3.742500	0.000000
430	3.742500	0.000000
431	10.62750	0.000000
432	0.6600000	0.000000
433	0.6600000	0.000000
434	0.6600000	0.000000
435	0.6600000	0.000000
436	4.485000	0.000000
437	2.185000	0.000000
438	2.185000	0.000000
439	2.185000	0.000000
440	2.185000	0.000000
441	2.285000	0.000000
442	2.285000	0.000000
443	2.285000	0.000000
444	2.285000	0.000000
445	3.880000	0.000000
446	3.880000	0.000000
447	3.880000	0.000000
448	3.880000	0.000000
449	3.680000	0.000000
450	3.680000	0.000000
451	3.680000	0.000000
452	3.680000	0.000000
453	2.180000	0.000000
454	2.180000	0.000000
455	2.180000	0.000000
456	2.180000	0.000000
457	0.6800000	0.000000
458	0.6800000	0.000000
459	0.6800000	0.000000
460	0.6800000	0.000000
461	2.965000	0.000000
462	2.965000	0.000000
463	1.570000	0.000000
464	1.570000	0.000000
465	0.3700000	0.000000
466	0.3700000	0.000000
467	0.3700000	0.000000
468	0.3700000	0.000000
469	0.8700000	0.000000
470	0.8700000	0.000000
471	0.8700000	0.000000
472	0.8700000	0.000000

473	3.570000	0.000000
474	0.5100000	0.0000000
475	0.5100000	0.0000000
476	0.5100000	0.0000000
477	3.585000	0.000000
478	3.585000	0.000000
479	13.54000	0.000000
480	13.54000	0.000000
481	13.54000	0.000000
482	13.54000	0.000000
483	9.715000	0.000000
484	9.715000	0.000000
485	9.715000	0.000000
486	9.715000	0.000000
487	9.715000	0.000000
488	9.715000	0.000000
489	9.715000	0.000000
490	9.715000	0.000000
491	9.715000	0.000000
492	8.320000	0.000000
493	8.320000	0.000000
494	8.320000	0.000000
495	8.320000	0.000000
496	8.320000	0.000000
497	8.320000	0.000000
498	8.320000	0.000000
499	8.320000	0.000000
500	8.320000	0.000000
501	8.320000	0.000000
502	8.320000	0.000000
503	8.320000	0.000000
504	8.320000	0.000000
505	8.320000	0.000000
506	8.320000	0.000000
507	8.320000	0.000000
508	4.135000	0.000000
509	4.135000	0.000000
510	5.530000	0.000000
511	5.530000	0.000000
512	5.530000	0.000000
513	5.530000	0.000000
514	5.530000	0.000000
515	5.530000	0.000000
516	5.530000	0.000000
517	5.530000	0.000000
518	5.530000	0.000000
519	5.530000	0.000000
520	5.530000	0.000000
521	8.590000	0.000000
522	8.590000	0.000000

523	8.590000	0.000000
524	3.720000	0.000000
525	3.720000	0.000000
526	3.720000	0.000000
527	3.720000	0.000000
528	3.720000	0.000000
529	1.520000	0.000000
530	1.520000	0.000000
531	1.520000	0.000000
532	1.520000	0.000000
533	1.320000	0.000000
534	1.320000	0.000000
535	1.320000	0.000000
536	1.320000	0.000000
537	2.217500	0.000000
538	2.217500	0.000000
539	2.217500	0.000000
540	2.217500	0.000000
541	1.717500	0.000000
542	1.717500	0.000000
543	1.717500	0.000000
544	1.717500	0.000000
545	0.4175000	0.0000000
546	0.4175000	0.0000000
547	0.4175000	0.0000000
548	0.4175000	0.0000000
549	0.2125000	0.0000000
550	0.2125000	0.0000000
551	0.2125000	0.0000000
552	0.2125000	0.0000000
553	6.682500	0.000000
554	6.682500	0.000000
555	5.985000	0.000000
556	5.985000	0.000000
557	4.685000	0.000000
558	4.685000	0.000000
559	4.685000	0.000000
560	4.685000	0.000000
561	5.085000	0.000000
562	5.085000	0.000000
563	5.085000	0.000000
564	5.085000	0.000000
565	8.085000	0.000000
566	8.085000	0.000000
567	0.5700000	0.0000000
568	0.5700000	0.0000000
569	6.570000	0.000000
570	6.570000	0.000000
571	18.18000	0.000000
572	18.18000	0.000000

573	18.18000	0.000000
574	18.18000	0.000000
575	18.18000	0.000000
576	18.18000	0.000000
577	18.18000	0.000000
578	18.18000	0.000000
579	18.18000	0.000000
580	18.18000	0.000000
581	18.18000	0.000000
582	18.18000	0.000000
583	18.18000	0.000000
584	17.48250	0.000000
585	17.48250	0.000000
586	17.48250	0.000000
587	17.48250	0.000000
588	17.48250	0.000000
589	17.48250	0.000000
590	17.48250	0.000000
591	17.48250	0.000000
592	17.48250	0.000000
593	17.48250	0.000000
594	17.48250	0.000000
595	17.48250	0.000000
596	16.08750	0.000000
597	16.08750	0.000000
598	16.08750	0.000000
599	16.08750	0.000000
600	7.717500	0.000000
601	7.717500	0.000000
602	8.415000	0.000000
603	8.415000	0.000000
604	8.415000	0.000000
605	8.415000	0.000000
606	8.415000	0.000000
607	8.415000	0.000000
608	8.415000	0.000000
609	8.415000	0.000000
610	8.415000	0.000000
611	8.415000	0.000000
612	8.415000	0.000000
613	8.415000	0.000000
614	15.93000	0.000000
615	15.93000	0.000000
616	0.7600000	0.000000
617	0.7600000	0.000000
618	0.7600000	0.000000
619	0.7600000	0.000000
620	6.880000	0.000000
621	4.280000	0.000000
622	4.280000	0.000000

623	4.280000	0.000000
624	4.280000	0.000000
625	4.280000	0.000000
626	4.280000	0.000000
627	4.280000	0.000000
628	4.280000	0.000000
629	4.580000	0.000000
630	4.580000	0.000000
631	4.580000	0.000000
632	4.580000	0.000000
633	3.980000	0.000000
634	3.980000	0.000000
635	3.980000	0.000000
636	3.980000	0.000000
637	2.880000	0.000000
638	2.880000	0.000000
639	2.880000	0.000000
640	2.880000	0.000000
641	1.080000	0.000000
642	1.080000	0.000000
643	1.080000	0.000000
644	1.080000	0.000000
645	4.760000	0.000000
646	4.760000	0.000000
647	4.760000	0.000000
648	4.760000	0.000000
649	3.360000	0.000000
650	3.360000	0.000000
651	3.360000	0.000000
652	3.360000	0.000000
653	4.260000	0.000000
654	4.260000	0.000000
655	4.260000	0.000000
656	4.260000	0.000000
657	6.760000	0.000000
658	6.760000	0.000000
659	3.700000	0.000000
660	0.6400000	0.000000
661	5.280000	0.000000
662	5.280000	0.000000
663	14.84000	0.000000
664	14.84000	0.000000
665	14.84000	0.000000
666	14.84000	0.000000
667	8.720000	0.000000
668	8.720000	0.000000
669	8.720000	0.000000
670	8.720000	0.000000
671	8.720000	0.000000
672	8.720000	0.000000

673	8.720000	0.000000
674	8.720000	0.000000
675	8.720000	0.000000
676	8.720000	0.000000
677	8.720000	0.000000
678	8.720000	0.000000
679	8.720000	0.000000
680	8.720000	0.000000
681	8.720000	0.000000
682	8.720000	0.000000
683	8.720000	0.000000
684	8.720000	0.000000
685	8.720000	0.000000
686	8.720000	0.000000
687	8.720000	0.000000
688	8.720000	0.000000
689	8.720000	0.000000
690	8.720000	0.000000
691	8.720000	0.000000
692	3.140000	0.000000
693	3.140000	0.000000
694	3.140000	0.000000
695	3.140000	0.000000
696	3.140000	0.000000
697	3.140000	0.000000
698	3.140000	0.000000
699	3.140000	0.000000
700	3.140000	0.000000
701	3.140000	0.000000
702	3.140000	0.000000
703	3.140000	0.000000
704	3.140000	0.000000
705	3.140000	0.000000
706	6.200000	0.000000
707	9.260000	0.000000
708	0.560000	0.000000
709	0.560000	0.000000
710	0.560000	0.000000
711	0.560000	0.000000
712	10.50500	0.000000
713	8.005000	0.000000
714	8.005000	0.000000
715	8.005000	0.000000
716	8.005000	0.000000
717	7.705000	0.000000
718	7.705000	0.000000
719	7.705000	0.000000
720	7.705000	0.000000
721	7.905000	0.000000
722	7.905000	0.000000

723	7.905000	0.000000
724	7.905000	0.000000
725	7.305000	0.000000
726	7.305000	0.000000
727	7.305000	0.000000
728	7.305000	0.000000
729	5.805000	0.000000
730	5.805000	0.000000
731	5.805000	0.000000
732	5.805000	0.000000
733	3.705000	0.000000
734	3.705000	0.000000
735	3.705000	0.000000
736	3.705000	0.000000
737	4.395000	0.000000
738	4.395000	0.000000
739	4.395000	0.000000
740	4.395000	0.000000
741	2.795000	0.000000
742	2.795000	0.000000
743	2.795000	0.000000
744	2.795000	0.000000
745	3.095000	0.000000
746	3.095000	0.000000
747	3.095000	0.000000
748	3.095000	0.000000
749	4.895000	0.000000
750	4.895000	0.000000
751	4.895000	0.000000
752	4.895000	0.000000
753	0.4900000	0.000000
754	0.4900000	0.000000
755	16.14000	0.000000
756	16.14000	0.000000
757	16.14000	0.000000
758	16.14000	0.000000
759	6.195000	0.000000
760	6.195000	0.000000
761	6.195000	0.000000
762	6.195000	0.000000
763	6.195000	0.000000
764	6.195000	0.000000
765	6.195000	0.000000
766	6.195000	0.000000
767	6.195000	0.000000
768	6.195000	0.000000
769	6.195000	0.000000
770	6.195000	0.000000
771	6.195000	0.000000
772	6.195000	0.000000

773	6.195000	0.000000
774	6.195000	0.000000
775	6.195000	0.000000
776	6.195000	0.000000
777	6.195000	0.000000
778	6.195000	0.000000
779	6.195000	0.000000
780	6.195000	0.000000
781	6.195000	0.000000
782	6.195000	0.000000
783	6.195000	0.000000
784	3.405000	0.000000
785	3.405000	0.000000
786	3.405000	0.000000
787	3.405000	0.000000
788	3.405000	0.000000
789	3.405000	0.000000
790	3.405000	0.000000
791	3.405000	0.000000
792	3.405000	0.000000
793	3.405000	0.000000
794	3.405000	0.000000
795	3.405000	0.000000
796	3.405000	0.000000
797	3.405000	0.000000
798	3.405000	0.000000
799	3.405000	0.000000
800	0.1250000	0.000000
801	0.1250000	0.000000
802	0.1250000	0.000000
803	0.1250000	0.000000
804	9.305000	0.000000
805	4.805000	0.000000
806	4.805000	0.000000
807	4.805000	0.000000
808	4.805000	0.000000
809	3.905000	0.000000
810	3.905000	0.000000
811	3.905000	0.000000
812	3.905000	0.000000
813	3.405000	0.000000
814	3.405000	0.000000
815	3.405000	0.000000
816	3.405000	0.000000
817	2.405000	0.000000
818	2.405000	0.000000
819	2.405000	0.000000
820	2.405000	0.000000
821	1.900000	0.000000
822	1.900000	0.000000

823	1.900000	0.000000
824	1.900000	0.000000
825	3.090000	0.000000
826	3.090000	0.000000
827	3.090000	0.000000
828	3.090000	0.000000
829	1.087500	0.000000
830	1.087500	0.000000
831	1.087500	0.000000
832	1.087500	0.000000
833	0.2875000	0.000000
834	0.2875000	0.000000
835	0.2875000	0.000000
836	0.2875000	0.000000
837	1.687500	0.000000
838	1.687500	0.000000
839	0.2925000	0.000000
840	0.2925000	0.000000
841	2.992500	0.000000
842	2.992500	0.000000
843	0.2025000	0.000000
844	0.2025000	0.000000
845	6.477500	0.000000
846	6.477500	0.000000
847	25.97500	0.000000
848	25.97500	0.000000
849	25.97500	0.000000
850	25.97500	0.000000
851	16.79500	0.000000
852	16.79500	0.000000
853	16.79500	0.000000
854	16.79500	0.000000
855	16.79500	0.000000
856	16.79500	0.000000
857	16.79500	0.000000
858	16.79500	0.000000
859	16.79500	0.000000
860	16.79500	0.000000
861	16.79500	0.000000
862	16.79500	0.000000
863	16.79500	0.000000
864	16.79500	0.000000
865	16.79500	0.000000
866	16.79500	0.000000
867	16.79500	0.000000
868	15.40000	0.000000
869	15.40000	0.000000
870	15.40000	0.000000
871	15.40000	0.000000
872	12.61000	0.000000

873	12.61000	0.000000
874	12.61000	0.000000
875	12.61000	0.000000
876	11.91250	0.000000
877	11.91250	0.000000
878	11.91250	0.000000
879	11.91250	0.000000
880	11.91250	0.000000
881	11.91250	0.000000
882	11.91250	0.000000
883	11.91250	0.000000
884	11.91250	0.000000
885	11.91250	0.000000
886	13.30750	0.000000
887	13.30750	0.000000
888	13.30750	0.000000
889	13.30750	0.000000
890	16.09750	0.000000
891	16.09750	0.000000
892	0.7250000	0.000000
893	0.6250000	0.000000
894	0.6250000	0.000000
895	0.6250000	0.000000
896	6.745000	0.000000
897	2.945000	0.000000
898	2.945000	0.000000
899	2.945000	0.000000
900	2.945000	0.000000
901	2.045000	0.000000
902	2.045000	0.000000
903	2.045000	0.000000
904	2.045000	0.000000
905	1.545000	0.000000
906	1.545000	0.000000
907	1.545000	0.000000
908	1.545000	0.000000
909	0.4450000	0.000000
910	0.4450000	0.000000
911	0.4450000	0.000000
912	0.4450000	0.000000
913	0.5350000	0.000000
914	0.5350000	0.000000
915	0.5350000	0.000000
916	0.5350000	0.000000
917	2.717500	0.000000
918	2.717500	0.000000
919	2.717500	0.000000
920	2.717500	0.000000
921	0.9125000	0.000000
922	0.9125000	0.000000

923	0.9125000	0.0000000
924	0.9125000	0.0000000
925	0.5125000	0.0000000
926	0.5125000	0.0000000
927	0.5125000	0.0000000
928	0.5125000	0.0000000
929	3.212500	0.0000000
930	3.212500	0.0000000
931	0.4225000	0.0000000
932	0.4225000	0.0000000
933	5.022500	0.0000000
934	5.022500	0.0000000
935	0.1400000	0.0000000
936	0.1400000	0.0000000
937	3.955000	0.0000000
938	3.955000	0.0000000
939	25.07500	0.0000000
940	25.07500	0.0000000
941	25.07500	0.0000000
942	25.07500	0.0000000
943	18.95500	0.0000000
944	18.95500	0.0000000
945	18.95500	0.0000000
946	18.95500	0.0000000
947	18.95500	0.0000000
948	18.95500	0.0000000
949	18.95500	0.0000000
950	18.95500	0.0000000
951	18.95500	0.0000000
952	18.95500	0.0000000
953	18.95500	0.0000000
954	18.95500	0.0000000
955	18.95500	0.0000000
956	18.95500	0.0000000
957	18.95500	0.0000000
958	18.95500	0.0000000
959	18.95500	0.0000000
960	16.16500	0.0000000
961	16.16500	0.0000000
962	16.16500	0.0000000
963	16.16500	0.0000000
964	11.28250	0.0000000
965	11.28250	0.0000000
966	11.28250	0.0000000
967	11.28250	0.0000000
968	9.887500	0.0000000
969	9.887500	0.0000000
970	9.887500	0.0000000
971	9.887500	0.0000000
972	9.887500	0.0000000

973	9.887500	0.000000
974	9.887500	0.000000
975	9.887500	0.000000
976	9.887500	0.000000
977	9.887500	0.000000
978	12.67750	0.000000
979	12.67750	0.000000
980	12.67750	0.000000
981	12.67750	0.000000
982	17.56000	0.000000
983	17.56000	0.000000

ANEXO #3

Método

Tipo de modelo	Modelo aditivo
Datos	CANT_TICKET_VTA
Longitud	1089
Número de valores faltantes	0

Índices estacionales

Período	Índice
1	-396.83
2	-172.59
3	-204.77
4	-86.88
5	-132.19
6	-303.49
7	-110.35
8	-123.37
9	-385.33
10	-624.89
11	-362.23
12	-505.43
13	-547.17
14	-481.27
15	-585.44
16	-170.82
17	-25.45
18	289.08
19	-406.17
20	-291.75
21	-294.49

22	-287.12
23	-32.82
24	-4.64
25	296.67
26	-242.29
27	-228.83
28	63.32
29	425.07
30	-181.96
31	-347.66
32	-343.50
33	-303.58
34	-287.92
35	-569.52
36	-578.85
37	-559.54
38	-570.14
39	-487.00
40	-568.19
41	-469.39
42	-634.34
43	-642.25
44	-634.96
45	-428.39
46	-238.42
47	-114.32
48	702.29
49	961.56
50	2601.43
51	1121.21
52	109.51
53	-70.24
54	33.15
55	144.96
56	378.22
57	109.06
58	394.56
59	124.94
60	277.12
61	-31.00
62	-221.72
63	-203.42
64	-252.03
65	-57.35
66	-134.45
67	-216.84
68	37.65
69	222.57
70	1230.24
71	817.25

72	80.75
73	148.62
74	-179.42
75	10.86
76	1455.40
77	-178.09
78	1.05
79	23.85
80	371.89
81	591.10
82	185.91
83	36.43
84	1.88
85	-254.23
86	478.38
87	-84.50
88	-405.86
89	-283.98
90	623.10
91	-162.02
92	-446.72
93	-447.50
94	-212.33
95	108.99
96	-356.08
97	-328.35
98	-238.42
99	-17.93
100	296.22
101	652.21
102	2126.98
103	1150.56
104	19.97
105	-139.22
106	-45.01
107	40.05
108	371.03
109	201.90
110	169.91
111	190.73
112	198.07
113	-9.45
114	-240.72
115	-239.08
116	58.24
117	-214.38
118	-323.23
119	-256.39
120	-6.56
121	368.02

122	920.14
123	15.08
124	-103.38
125	-106.15
126	-205.91
127	2.72
128	762.07
129	5.75
130	-140.58
131	175.57
132	463.87
133	248.86
134	19.80
135	-117.15
136	-293.88
137	-169.64
138	-365.15
139	-486.37
140	-551.21
141	-456.08
142	418.00
143	-129.20
144	-331.04
145	-461.04
146	-511.74
147	-176.94
148	-212.73
149	-406.63
150	-155.83
151	59.62
152	173.43
153	982.33
154	4054.57
155	4015.58
156	954.03
157	-144.25
158	-156.55
159	-236.30
160	23.64
161	-1.52
162	-85.63
163	-5.94
164	69.21
165	-79.89
166	-331.64
167	-412.02
168	-287.96
169	-338.96
170	-160.11
171	-293.44

172	-259.97
173	253.60
174	-14.69
175	925.50
176	-39.73
177	-133.35
178	-168.42
179	107.33
180	808.95
181	-205.24
182	-134.96
183	-39.70
184	389.42
185	342.51
186	-117.30
187	-297.36
188	-203.86
189	-163.61
190	-413.80
191	-401.49
192	-417.70
193	-448.45
194	-346.74
195	-458.38
196	-398.60
197	-437.90
198	-373.52
199	-391.41
200	-393.13
201	-1.61
202	-152.26
203	615.11
204	1280.25
205	2405.45
206	2295.13
207	942.77
208	-68.87
209	-194.69
210	-106.42
211	-33.47
212	-36.61
213	-65.50
214	-7.50
215	-42.74
216	-56.57
217	-275.63
218	-394.09
219	-499.54
220	-324.49
221	-419.82

222	-196.87
223	-338.24
224	-63.55
225	-36.22
226	-34.23
227	-340.33
228	-99.03
229	-206.23
230	-210.64
231	119.02
232	-275.20
233	164.83
234	-312.47
235	-56.22
236	338.39
237	194.46
238	-158.24
239	-136.49
240	-314.63
241	28.40
242	-443.84
243	-513.46
244	-429.19
245	-494.55
246	-386.42
247	-473.59
248	-456.59
249	-388.61
250	-175.77
251	-512.61
252	-377.86
253	-304.91
254	-175.70
255	16.33
256	121.70
257	1589.09
258	1650.53
259	1081.36
260	368.56
261	-149.08
262	-88.69
263	-10.60
264	70.44
265	283.40
266	214.73
267	141.49
268	56.90
269	-177.25
270	-278.41
271	-367.72

272	-110.76
273	-283.56
274	-410.39
275	-111.44
276	-180.83
277	518.44
278	700.71
279	-134.14
280	-248.94
281	-199.30
282	-267.36
283	193.20
284	26.86
285	-79.70
286	-328.81
287	-38.52
288	384.74
289	361.99
290	-52.52
291	-97.89
292	-261.75
293	-63.84
294	-292.44
295	-330.92
296	-282.55
297	-388.16
298	-213.77
299	-506.07
300	-302.22
301	-311.64
302	-305.75
303	-417.54
304	-439.43
305	-351.55
306	-322.79
307	-50.18
308	369.19
309	940.63
310	1314.04
311	-250.65
312	-176.12
313	-144.86
314	-2.26
315	132.43
316	-43.07
317	-78.81
318	215.63
319	47.82
320	-341.55
321	-313.79

322	-228.83
323	-204.61
324	-486.84
325	-123.18
326	-439.46
327	-77.49
328	292.15
329	-306.69
330	-315.61
331	-271.30
332	-277.01
333	-278.19
334	-39.66
335	150.56
336	-167.98
337	-195.71
338	176.11
339	-22.00
340	375.99
341	95.13
342	-366.24
343	-414.77
344	-417.50
345	-377.01
346	-558.17
347	-513.72
348	-538.32
349	-527.20
350	-414.43
351	-406.23
352	-625.14
353	-423.88
354	-374.29
355	-459.25
356	-80.10
357	-53.57
358	362.28
359	145.80
360	1148.07
361	5169.29
362	2366.53
363	-178.86

Medidas de exactitud

MAPE	29
MAD	401
MSD	326637

Pronósticos

Período	Pronóstico
1090	1072.58
1091	1296.82
1092	1264.64
1093	1382.53
1094	1337.22
1095	1165.92
1096	1359.06
1097	1346.04
1098	1084.08
1099	844.52
1100	1107.18
1101	963.98
1102	922.24
1103	988.13
1104	883.97
1105	1298.59
1106	1443.96
1107	1758.49
1108	1063.24
1109	1177.66
1110	1174.92
1111	1182.29
1112	1436.59
1113	1464.77
1114	1766.08
1115	1227.12
1116	1240.58
1117	1532.73
1118	1894.48
1119	1287.45
1120	1121.75
1121	1125.91
1122	1165.83
1123	1181.49

1124	899.89
1125	890.56
1126	909.87
1127	899.27
1128	982.41
1129	901.22
1130	1000.02
1131	835.06
1132	827.16
1133	834.45
1134	1041.02
1135	1230.99
1136	1355.09
1137	2171.70
1138	2430.97
1139	4070.84
1140	2590.62
1141	1578.92
1142	1399.17
1143	1502.56
1144	1614.37
1145	1847.63
1146	1578.47
1147	1863.97
1148	1594.35
1149	1746.52
1150	1438.41
1151	1247.69
1152	1265.99
1153	1217.38
1154	1412.06
1155	1334.96
1156	1252.57
1157	1507.06
1158	1691.98
1159	2699.65

1160	2286.66
1161	1550.16
1162	1618.03
1163	1289.99
1164	1480.27
1165	2924.81
1166	1291.32
1167	1470.46
1168	1493.26
1169	1841.30
1170	2060.51
1171	1655.32
1172	1505.84
1173	1471.29
1174	1215.18
1175	1947.79
1176	1384.91
1177	1063.55
1178	1185.43
1179	2092.51
1180	1307.39
1181	1022.69
1182	1021.91
1183	1257.08
1184	1578.40
1185	1113.33
1186	1141.06
1187	1230.99
1188	1451.48
1189	1765.63
1190	2121.62
1191	3596.39
1192	2619.97
1193	1489.38
1194	1330.19
1195	1424.40

1196	1509.46
1197	1840.44
1198	1671.31
1199	1639.32
1200	1660.14
1201	1667.48
1202	1459.96
1203	1228.69
1204	1230.33
1205	1527.65
1206	1255.03
1207	1146.17
1208	1213.02
1209	1462.85
1210	1837.43
1211	2389.55
1212	1484.49
1213	1366.03
1214	1363.26
1215	1263.50
1216	1472.13
1217	2231.48
1218	1475.16
1219	1328.83
1220	1644.98
1221	1933.28
1222	1718.27
1223	1489.21
1224	1352.26
1225	1175.53
1226	1299.77
1227	1104.26
1228	983.04
1229	918.20
1230	1013.33
1231	1887.41

1232	1340.21
1233	1138.37
1234	1008.37
1235	957.67
1236	1292.47
1237	1256.68
1238	1062.78
1239	1313.58
1240	1529.03
1241	1642.84
1242	2451.74
1243	5523.98
1244	5484.99
1245	2423.44
1246	1325.16
1247	1312.86
1248	1233.11
1249	1493.05
1250	1467.89
1251	1383.78
1252	1463.47
1253	1538.62
1254	1389.52
1255	1137.77
1256	1057.39
1257	1181.45
1258	1130.45
1259	1309.29
1260	1175.97
1261	1209.44
1262	1723.01
1263	1454.72
1264	2394.90
1265	1429.67
1266	1336.06
1267	1300.99

1268	1576.74
1269	2278.36
1270	1264.17
1271	1334.45
1272	1429.71
1273	1858.83
1274	1811.92
1275	1352.11
1276	1172.05
1277	1265.55
1278	1305.80
1279	1055.61
1280	1067.92
1281	1051.71
1282	1020.96
1283	1122.67
1284	1011.03
1285	1070.81
1286	1031.51
1287	1095.89
1288	1078.00
1289	1076.28
1290	1467.80
1291	1317.15
1292	2084.52
1293	2749.66
1294	3874.86
1295	3764.54
1296	2412.18
1297	1400.54
1298	1274.72
1299	1362.99
1300	1435.94
1301	1432.80
1302	1403.91
1303	1461.91

1304	1426.67
1305	1412.84
1306	1193.78
1307	1075.32
1308	969.87
1309	1144.92
1310	1049.59
1311	1272.54
1312	1131.17
1313	1405.86
1314	1433.19
1315	1435.17
1316	1129.08
1317	1370.38
1318	1263.18
1319	1258.77
1320	1588.43
1321	1194.21
1322	1634.24
1323	1156.94
1324	1413.19
1325	1807.80
1326	1663.87
1327	1311.17
1328	1332.91
1329	1154.78
1330	1497.81
1331	1025.57
1332	955.95
1333	1040.21
1334	974.86
1335	1082.99
1336	995.82
1337	1012.82
1338	1080.79
1339	1293.64

1340	956.80
1341	1091.55
1342	1164.50
1343	1293.71
1344	1485.74
1345	1591.11
1346	3058.50
1347	3119.94
1348	2550.77
1349	1837.97
1350	1320.33
1351	1380.72
1352	1458.81
1353	1539.85
1354	1752.81
1355	1684.14
1356	1610.90
1357	1526.31
1358	1292.16
1359	1191.00
1360	1101.69
1361	1358.64
1362	1185.85
1363	1059.02
1364	1357.97
1365	1288.58
1366	1987.85
1367	2170.12
1368	1335.27
1369	1220.47
1370	1270.11
1371	1202.05
1372	1662.61
1373	1496.27
1374	1389.71
1375	1140.60

1376	1430.89
1377	1854.15
1378	1831.40
1379	1416.89
1380	1371.52
1381	1207.66
1382	1405.56
1383	1176.97
1384	1138.49
1385	1186.86
1386	1081.25
1387	1255.64
1388	963.34
1389	1167.19
1390	1157.77
1391	1163.66
1392	1051.87
1393	1029.98
1394	1117.86
1395	1146.62
1396	1419.23
1397	1838.60
1398	2410.04
1399	2783.45
1400	1218.76
1401	1293.29
1402	1324.55
1403	1467.15
1404	1601.84
1405	1426.33
1406	1390.60
1407	1685.04
1408	1517.23
1409	1127.86
1410	1155.62
1411	1240.58

1412	1264.79
1413	982.56
1414	1346.23
1415	1029.95
1416	1391.92
1417	1761.56
1418	1162.72
1419	1153.80
1420	1198.11
1421	1192.40
1422	1191.22
1423	1429.75
1424	1619.97
1425	1301.43
1426	1273.70
1427	1645.52
1428	1447.41
1429	1845.40
1430	1564.54
1431	1103.17
1432	1054.64
1433	1051.91
1434	1092.40
1435	911.24
1436	955.69
1437	931.09
1438	942.21
1439	1054.98
1440	1063.18
1441	844.27
1442	1045.53
1443	1095.12
1444	1010.16
1445	1389.31
1446	1415.84
1447	1831.69

1448	1615.21
1449	2617.48
1450	6638.70
1451	3835.94
1452	1290.55