



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE GRADUADOS EN CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE NEGOCIOS

TRABAJO FINAL DE APLICACIÓN

“Asignación de horarios y descansos. Mejora de la productividad en la línea de cajas de un Hipermercado.”

Autora: Cra. Gabriela Fernandez

Tutor: MBA Germán Tisera

Córdoba

2018



Asignación de horarios y descansos. Mejora de la productividad en la línea de cajas de un Hipermercado by Fernandez, Gabriela Emilse is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Agradecimientos

A mi mamá

Quien nunca me deja caer, para que siga adelante y persevere para cumplir con mis ideales. Por su gran amor incondicional, por su altruismo y por anhelar siempre lo mejor para mí. Este logro también es de ella.

A mi papa

Quien sentó en mí las bases de la responsabilidad, mis principios y valores. Por su sacrificio y esfuerzo, y por brindarme la oportunidad de tener una carrera profesional.

A mi tutor

Quien colaboró a lo largo de todo este proyecto. Por el tiempo dedicado y sus valiosos aportes.

Índice de contenidos

A. PRESENTACION DEL PROYECTO.....	- 9 -
I. Resumen	- 9 -
II. Marco Teórico.....	- 11 -
III. Metodología.....	- 11 -
IV. Objetivos del trabajo.....	- 11 -
V. Límites o Alcance del trabajo	- 12 -
VI. Organización del trabajo	- 12 -
VII. Introducción.....	- 13 -
B. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	- 14 -
Capítulo 1.....	- 14 -
1.1 Introducción a la Administración de Operaciones.....	- 14 -
1.2 Gestión de los procesos	- 14 -
1.3 Mejora continua de procesos.....	- 18 -
Capítulo 2.....	- 22 -
2.1 Introducción a la programación lineal	- 22 -
2.2 Formulación del modelo	- 24 -
2.3 Análisis de sensibilidad.....	- 27 -
2.4 Programación lineal entera mixta	- 28 -
Capítulo 3.....	- 30 -
3.1 Descripción de la estructura	- 30 -
3.2 Funcionamiento de la línea de cajas.	- 32 -
3.3 Tipos de contrato.....	- 37 -
3.4 Costos	- 38 -
3.5 Restricciones legales.....	- 39 -
3.6 Medición de tiempos y productividad.....	- 39 -
Capítulo 4.....	- 47 -
4.1 Cálculo de los datos de entrada	- 48 -
4.2 Creación de turnos	- 54 -
4.3 Notación y definición del modelo	- 57 -
4.4 Solución inicial.....	- 61 -

4.5 Análisis de post-optimización	- 62 -
4.6 Síntesis de resultados	- 70 -
C. CIERRE DEL PROYECTO	- 76 -
Conclusiones Finales	- 76 -
Conclusión general.....	- 76 -
Trabajos futuros.....	- 77 -
Recomendaciones.....	- 78 -
Bibliografía	- 80 -
ANEXOS	- 81 -
ANEXO 1. Utilización AIMMS.....	- 81 -
ANEXO 2. Tablas de entrada y salida escenario 1: modelo con costos actuales que incluyen antigüedad promedio y cajeros con contrato de fin de semana asignados a días sábados y domingos.	- 85 -
ANEXO 3. Tablas de entrada y salida escenario 2: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y cajeros con contrato de fin de semana asignados sábados y domingos.	- 94 -
ANEXO 4. Tablas de entrada y salida escenario 3: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.	- 103 -
ANEXO 5. Tablas de entrada y salida escenario 4: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, sin cajeros full time y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.....	- 112 -

Índice de gráficos

Ilustración 1. Rueda Deming. (Fuente: Elaboración propia).....	- 21 -
Ilustración 2. Organigrama sucursal. (Fuente: Elaboración propia)	- 31 -
Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de cobro. (Fuente: Elaboración propia).....	- 39 -
Ilustración 4. Distribución del tiempo de cajeros según el tipo de caja.	- 45 -
Ilustración 5. Cálculo de la necesidad de cajeros.	- 52 -
Ilustración 6. Síntesis: tiempo ocioso y administrativo.	- 72 -
Ilustración 7. Conformación de la jornada: escenario inicial vs solución óptima. -	73

-

Índice de tablas

Tabla 1. Costo laboral.....	- 38 -
Tabla 2. Ejemplo de productividad por tipo de caja.....	- 44 -
Tabla 3 - Resumen tiempo (en segundos) promedio por evento y tipo de caja	- 48 -
Tabla 4. Correspondencia bloques a horas del día.....	- 49 -
Tabla 6. Necesidad de cajeros escenario actual.....	- 53 -
Tabla 7. Asignación de turnos a bloques horarios.	- 55 -
Tabla 8. Disponibilidad de cajeros para ser asignados a turnos.	- 56 -
Tabla 9. Disponibilidad de cajeros para ser asignados a días.	- 56 -
Tabla 10. Escenario 1: turnos trabajados por cajero.....	- 61 -
Tabla 11. Escenario 1: asignación de cajeros a días.	- 62 -
Tabla 12. Escenario 2: turnos trabajados por cajero.....	- 63 -
Tabla 13. Escenario 2: asignación de cajeros a días.	- 64 -
Tabla 14. Escenario 3: turnos trabajados por cajero.....	- 65 -
Tabla 15. Escenario 3: asignación de cajeros a días.	- 66 -
Tabla 16. Escenario 4: turnos trabajados por cajero.....	- 68 -
Tabla 17. Escenario 4: asignación de cajeros a días.	- 69 -
Tabla 18. Síntesis de resultados: costos y turnos asignados.....	- 70 -
Tabla 19. Síntesis de resultados: tiempos y productividad.	- 73 -
Tabla 20. Escenario 1. Tabla de entrada: demanda de cajeros.....	- 85 -
Tabla 21. Escenario 1. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.....	- 86 -
Tabla 22. Escenario 1. Tabla de entrada: parámetro CATU.	- 87 -
Tabla 23. Escenario 1. Tabla de entrada: parámetro CADI.	- 88 -
Tabla 24. Escenario 1. Tabla de entrada: costo de los cajeros.....	- 89 -
Tabla 25. Escenario 1. Tabla de salida: variable ACT.	- 91 -
Tabla 26. Escenario 1. Tabla de salida: variable ATB.....	- 92 -
Tabla 27. Escenario 1. Tabla de salida: variable ACP.	- 93 -
Tabla 28. Escenario 2. Tabla de entrada: demanda de cajeros.....	- 94 -
Tabla 29. Escenario 2. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.....	- 95 -
Tabla 30. Escenario 2. Tabla de entrada: parámetro CATU.	- 96 -
Tabla 31. Escenario 2. Tabla de entrada: parámetro CADI.	- 97 -
Tabla 32. Escenario 2. Tabla de entrada: costo de los cajeros.....	- 98 -

Tabla 33. Escenario 2. Tabla de salida: variable ACT.	- 100 -
Tabla 34. Escenario 2. Tabla de salida: variable ATB.....	- 101 -
Tabla 35. Escenario 2. Tabla de salida: variable ACP.	- 102 -
Tabla 36. Escenario 3. Tabla de entrada: demanda de cajeros	- 103 -
Tabla 37. Escenario 3. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.....	- 104 -
Tabla 38. Escenario 3. Tabla de entrada: parámetro CATU.	- 105 -
Tabla 39. Escenario 3. Tabla de entrada: parámetro CADI.	- 106 -
Tabla 40. Escenario 3. Tabla de entrada: costo de los cajeros.....	- 107 -
Tabla 41. Escenario 3. Tabla de salida: variable ACT.	- 109 -
Tabla 42. Escenario 3. Tabla de salida: variable ATB.....	- 110 -
Tabla 43. Escenario 3. Tabla de salida: variable ACP.	- 111 -
Tabla 44. Escenario 4. Tabla de entrada: demanda de cajeros.....	- 112 -
Tabla 45. Escenario 4. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.....	- 113 -
Tabla 46. Escenario 4. Tabla de entrada: parámetro CATU.	- 114 -
Tabla 47. Escenario 4. Tabla de entrada: parámetro CADI.	- 115 -
Tabla 48. Escenario 4. Tabla de entrada: costo de los cajeros.....	- 116 -
Tabla 49. Escenario 4. Tabla de salida: variable ACT.	- 118 -
Tabla 50. Escenario 4. Tabla de salida: variable ATB.....	- 119 -
Tabla 51. Escenario 4. Tabla de salida: variable ACP.	- 120 -

A. PRESENTACION DEL PROYECTO

I. Resumen

El presente trabajo pretende analizar en detalle la productividad del área de Facturación y Tesorería de una cadena de hipermercados, específicamente en el proceso de cobro de mercadería ya que es el proceso que tiene asignada la mayor cantidad de recursos del total de colaboradores. Así, una mejora en la productividad de cada recurso empleado en este proceso tendría un gran impacto sobre el resultado del costo laboral. La finalidad de este trabajo es, a través de una correcta planificación de los horarios de trabajo, definir la mínima cantidad de cajeros necesarios para atender la demanda (estimación de operaciones a realizar) en cada franja horaria de la jornada laboral, teniendo en cuenta la productividad real observada de los cajeros.

A través de la programación lineal y la metodología de la Mejora Continua de Procesos (Business Processes Improvement) se buscará definir un modelo de planificación de recursos para optimizar la dotación actual, teniendo en cuenta los tiempos empleados en cada acción realizada dentro y fuera del puesto de trabajo, la diversidad de cajas que hay al servicio del cliente, la variedad de condiciones horarias que hay dentro de la dotación y otras variables que afectan la disponibilidad de recursos. De esta manera se resolvería el problema de falta de herramientas que sufren las tiendas para diagramar horarios pasándose de una gestión basada en el conocimiento empírico de quien lleva a cabo la tarea, a una base teórica de planificación.

La Compañía bajo análisis nace en 1993 en Argentina con su primer hipermercado en Tucumán, seguida por la primera tienda mayorista situada en la provincia de Córdoba. Creció rápidamente y se convirtió en una de las principales cadenas de hipermercados del interior del país. En el año 1998 es adquirida por uno de los mayores Grupos de distribución a nivel mundial, el cual opera varios formatos ligados al retail (hipermercados, supermercados, discounts, negocios de proximidad), además de otras actividades de diversa índole.

Concebida como una empresa familiar, y con una metodología de trabajo guiada por la experiencia, comienza su etapa de profesionalización a finales de la década de los '90 a partir de la adquisición por parte del grupo, donde una de las primeras medidas fue formalizar y documentar los procesos en procedimientos. Desde ese momento la Compañía fue modificando su forma de operar tanto externa como internamente, respondiendo con éxito a la adaptación instada por el dinamismo del mercado del retail y a la satisfacción del cliente externo. Por el contrario, no hubo grandes superaciones en relación a determinados aspectos propios como: el cliente interno, la adecuación de los procesos que funcionan como soporte del negocio (lo cuales evolucionaron a un ritmo inferior que los procesos *core*), las herramientas para operar y la medición de los resultados. Si bien se realizaban pequeñas adecuaciones a estos procesos que ya eran obsoletos, los mismos continuaron cargados de ineficiencias, burocracia, dificultades para operar, y sobre todo demandando excesos de tiempo en su cumplimiento.

En el año 2012, se comienza una etapa donde el conocimiento y la profesionalización son impulsados fuertemente. A partir de allí, se propone pasar de una organización funcional a una basada en procesos y lentamente se comienzan a rediseñar formas de operar y estructuras organizacionales, desarrollando paralelamente herramientas tecnológicas e informáticas que permiten el procesamiento de datos, y de esta manera obtener información confiable para dar seguimiento y control a distintas variables de gestión críticas del negocio. Dentro de este contexto fueron demorados ciertos procesos de soporte, entre ellos los relacionados al área de Facturación y Tesorería de las tiendas.

A partir del año 2015, la Compañía se enfrenta a nuevos desafíos, donde el aumento de la productividad y la reducción de costos son las grandes metas a cumplir en el área de Operaciones, a la cual responden funcionalmente las 15 tiendas del formato hipermercado. Frente a un escenario donde las ventas en unidades decrecen, y los gastos evolucionan a un ritmo superior al de las ventas, para poder lograr ambos objetivos es fundamental la revisión en profundidad y

optimización de los procesos que involucran directamente a los recursos humanos, ya que si analizamos la composición de gastos, el costo laboral es el que tiene mayor peso tiene dentro de las cuentas de explotación.

II. Marco Teórico

Este trabajo final se enmarca en el campo de la Administración de Operaciones, entendida esta como la ciencia que se ocupa del diseño, dirección y control sistemático de los procesos que transforman los insumos en servicios y productos para los clientes internos y externos.

III. Metodología

La metodología que se utilizará para la optimización de la planificación de recursos y del proceso de facturación, es la programación lineal y diversos análisis definidos por la Mejora Continua de Procesos. Además se utilizaran herramientas de BPI (Business Processes Improvement), y otras herramientas de análisis de productividad presentes en el hipermercado.

IV. Objetivos del trabajo

Los objetivos de este trabajo final de aplicación son:

- Objetivo general:
 - Diseñar un modelo teórico de planificación de horarios que permita hacer eficiente y eficaz el proceso de asignación de recursos en el área de facturación.
 - Analizar y definir la dotación óptima de cajeros disponibles.

- Mejorar la productividad a partir de una correcta asignación de recursos
- **Objetivos particulares**
 - Readecuar la dotación sin afectar el servicio brindado al cliente.
 - Presentar posibles ejes de mejora a estudiar e incorporar en etapas sucesivas.

V. Límites o Alcance del trabajo

El análisis se realizará sobre el Área de Facturación y Tesorería de la sucursal modelo del formato hipermercado de la Compañía.

VI. Organización del trabajo

El presente trabajo de aplicación consta de 5 capítulos:

- Capítulo 1: Mejora continua de procesos
- Capítulo 2: Programación lineal
- Capítulo 3: Introducción al proceso bajo análisis
- Capítulo 4: Desarrollo de mejora
- Conclusiones

VII. Introducción

La Compañía está dividida en 3 unidades de negocio, Hipermercado (15 tiendas), Inmobiliaria (15 paseos) y Negocios de Cercanía (12 sucursales). Como se mencionó anteriormente, cada sucursal es un centro de costos y beneficios, con una estructura jerárquica matricial, donde la misma reporta al Director de Sucursal y a la Dirección de Operaciones de la Casa Central.

Si bien la actividad Hipermercado cuenta con un conjunto de procedimientos que regula la mayor parte de los procesos, existe una gran diversidad de factores diferenciales en cada tienda, que hace que los mismos se apliquen de maneras dispares entre sí.

A su vez, hay una marcada obsolescencia y ausencia de herramientas de gestión, lo que hace que cada líder aplique sus propios medios de seguimiento y control de variables críticas, planificación y organización de recursos e incluso para la transmisión del conocimiento a los cuadros de reemplazo o sus equipos de trabajo.

Por último, e incrementando la heterogeneidad presentada, específicamente en el área de facturación existe una importante complejidad en cuanto a gestión del sector, por la multiplicidad de factores a tener en cuenta. Por ejemplo, se pueden mencionar los diferentes tipos de contratos comprendidos en la masa salarial, las posibilidades que se presentan al momento de ocupar un puesto de trabajo (teniendo en cuenta que la asignación de cajas se define en el momento del ingreso de cada uno), y donde la productividad de los cajeros debería, en principio, estar fuertemente condicionada por el tipo de caja donde se esté desempeñando.

B. DESARROLLO DEL PROYECTO

Capítulo 1

1. Mejora continua de Procesos

1.1 Introducción a la Administración de Operaciones

En una época la Administración de Operaciones se refería principalmente a la producción manufacturera. Sin embargo, la creciente importancia económica de una amplia gama de actividades comerciales no manufactureras amplió el alcance, refiriéndose hoy la Administración de Operaciones a la dirección y el control de los procesos mediante los cuales los insumos se transforman en bienes y servicios terminados. La Administración de Operaciones forma parte de sistema de producción en los cuales se usan procesos, definidos como cualquier actividad o grupo de actividades mediante las cuales uno o varios insumos son transformados y adquieren un valor agregado, obteniéndose así un producto para el cliente.

1.2 Gestión de los procesos

Bravo Carrasco (2011) sostiene que un proceso es un conjunto de actividades, interacciones y recursos con una finalidad común: transformar las entradas en salidas que agreguen valor a los clientes, donde estas entradas y salidas incluyen el tránsito de información y de productos. Y por supuesto, se busca que dé resultados definidos en apoyo de los objetivos de la organización.

Todo proceso es realizado por personas organizadas según una cierta estructura, tienen tecnología de apoyo y manejan información. Es substancial destacar la importancia de que las empresas no arruinen la capacidad de los empleados para generar un *output* libre de errores, abrumándolos con procesos obsoletos, dispendiosos y cargándolos de burocracia.

Un macroproceso puede subdividirse en subprocesos que tienen una relación lógica, actividades secuenciales que contribuyen a la misión del macroproceso. Frecuentemente, los macroprocesos complejos se dividen en un determinado número de subprocesos con el fin de minimizar el tiempo que se requiere para mejorar el macroproceso y/o dar un enfoque particular a un problema, un área de altos costos o un área de prolongadas demoras.

Todo macroproceso o subproceso está compuesto por un determinado número de actividades. Las actividades son cosas que tienen lugar dentro de todos los procesos, y constituyen la parte más importante de los diagramas de flujo.

Es decir, que no todas las actividades que se realizan son procesos. Para determinar si una actividad es un proceso o subproceso, debe cumplir los siguientes criterios:

- La actividad tiene una misión o propósito claro.
- La actividad contiene entradas y salidas, se pueden identificar los clientes, proveedores y producto final.
- La actividad debe ser susceptible de descomponerse en operaciones o tareas.
- La actividad puede ser estabilizada mediante la aplicación de la metodología de gestión por procesos (tiempo, recursos, costos).
- Se puede asignar la responsabilidad del proceso a una persona.

En base a esto, el enfoque basado en procesos enfatiza cómo los resultados que se desean obtener se pueden alcanzar de manera más eficiente si se consideran las actividades agrupadas entre sí, teniendo en cuenta que dichas actividades deben permitir una transformación de los elementos de entrada en elementos de salida, aportando un valor agregado para el cliente, a la vez que se ejerce un control sobre el conjunto de actividades.

Harrington (1991) sostiene que un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a éste y suministre un producto a un cliente externo o interno. Los procesos utilizan los recursos de una organización para suministrar resultados definitivos, y se controlan a través de sistemas, definidos como controles que se aplican para tener la seguridad de que este funcione eficiente y eficazmente.

Todo lo que hacemos actualmente lo llevaremos a cabo mejor si nos centramos en el proceso. Para esto es importante observar la totalidad del proceso, ya que de lo contrario solo se cuenta con un grupo de pequeñas empresas que se evalúan con base en objetivos que no están sintonizados con las necesidades totales de la compañía. Esto conduce a la suboptimización.

Una organización funcional tiene muchos beneficios y existe una estrategia disponible para aprovechar al máximo su efectividad, así como para garantizar que los procesos produzcan el máximo beneficio para la empresa.

Lo que se debe hacer es dejar de pensar en la estructura organizacional y centrarse en los procesos que controlan estas interacciones con el cliente. De esta manera, se presenta un patrón de pensamiento totalmente diferente.

Roure, Moñino & Rodriguez-Badal (1996) expresan que la gestión estratégica de los procesos proporciona a la organización las siguientes ventajas:

Alineamiento hacia lo vital: la gestión por procesos obliga a los directivos de los diferentes niveles y áreas de la organización a centrar su atención en las actividades que contribuyen en mayor medida a la consecución de los objetivos de la organización. A su vez, evita que se produzcan las habituales “tierras de nadie” entre funciones, a la vez que logra que internamente se establezcan relaciones cliente-proveedor de carácter cooperativo.

Búsqueda constante de la satisfacción del cliente interno o externo: en las organizaciones gestionadas por procesos el cliente pasa a ser el centro de las actividades de todos sus integrantes. Además, no se trata sólo de satisfacer al cliente externo, ya que la gestión por procesos ayuda a identificar al cliente

interno y promueve la búsqueda de su satisfacción. Para superar las expectativas de los clientes externos es condición necesaria que sean satisfechas las de los clientes internos.

Aumento de la eficacia en sus actividades críticas: la gestión por procesos proporciona mayor agilidad a las organizaciones; en primer lugar, por su carácter de estructura horizontal; en segundo lugar, porque conlleva su mejora continua, siendo uno de los principales vehículos para ello la reducción de los tiempos de ciclo.

Seguimiento de sus indicadores claves: la gestión por procesos facilita la medición de la eficiencia tanto interna como externa de las organizaciones. La adecuada definición de las relaciones internas que se dan en los procesos permite establecer indicadores de eficiencia, evaluar continuamente los niveles de desempeño alcanzados en los procesos y subprocesos, y por lo tanto, cambiar en mayor o menor medida la forma de operar en función de las demandas del entorno.

Mayor eficacia en la creación de valor en todas sus actividades: la gestión y mejora de los procesos favorece que se eliminen errores, que se haga un uso óptimo de los recursos escasos y que se simplifiquen los procedimientos y tareas, asignando en consecuencia más recursos a las actividades que sí agregan valor.

Incorporar un sistema de medidas de control de su eficacia, eficiencia y flexibilidad que se utilizan para centrar la atención del personal y para la toma de decisiones de mejora.

Mínimos puntos de control, revisión y espera.

Normalización y documentación: enfatizando en la prevención de errores y contemplando la posibilidad de ser mejorado.

Muestra con claridad las interrelaciones con otros procesos internos y del cliente.

1.3 Mejora continua de procesos

Krajewski et al (2008) enuncia que varias tendencias de negocios están teniendo un gran impacto sobre la Administración de Operaciones, entre las que se encuentra la productividad. La productividad es el valor de los productos, dividido entre el valor de los recursos que se han usado como insumos:

$$Productividad = \frac{Producto}{Insumo}$$

Es posible analizar muchas mediciones de la productividad pero todas son simples aproximaciones. Normalmente se definen varias mediciones razonables vigilándose las tendencias de estas para detectar las áreas que es necesario mejorar.

La administración de procesos es la selección de los insumos, las operaciones, los flujos de trabajo y los métodos que transforman los insumos en productos. Las decisiones con respecto a los procesos deben ser congruentes con la estrategia de flujo de la organización y con la capacidad de la misma de obtener recursos necesarios a fin de apoyar esa estrategia. En las decisiones sobre procesos se deben tomar en cuenta los costos, y algunas veces los costos de cambio sobrepasan claramente las ganancias, sin dejar fuera del análisis la calidad, la capacidad, la distribución y el inventario.

Una de las decisiones más comunes es la flexibilidad de los recursos, la facilidad con la que los empleados y el equipo manejan una amplia variedad de productos, niveles de producción, tareas y funciones. El grado de flexibilidad que requieren los recursos de la compañía está determinado por las selecciones que la administración hace en relación con las prioridades competitivas. Los miembros de una fuerza de trabajo flexible son capaces de realizar múltiples tareas, ya sea en sus propios lugares de trabajo o desplazándose de un sitio a otro. Sin embargo, esa flexibilidad frecuentemente tiene un costo, ya que requiere mayores habilidades y, por consiguiente, más capacitación y educación. Pese a todo, las ventajas pueden ser grandes: suele ser una de las mejores formas de asegurar un

servicio confiable para el cliente y reducir los cuellos de botella en términos de capacidad. Cuando las condiciones permiten una tasa de producción continua y uniforme la selección más acertada es una fuerza de trabajo permanente que aspira a un empleo regular de tiempo completo. Si el proceso está sujeto a picos y depresiones de la demanda, en ciclos diarios o estacionales, la mejor solución suele ser un grupo de empleados temporales o de tiempo parcial para complementar un grupo más pequeño de empleados de tiempo completo.

Para Krajewski et al (2008) las decisiones de procesos corresponden a cuestiones estratégicas. El siguiente punto es determinar cómo debe hacerse cada proceso. Existen dos enfoques diferentes:

1. **Reingeniería de procesos:** es la revisión fundamental y el cambio radical del diseño de procesos, para mejorar drásticamente el rendimiento en términos de costo, calidad, servicio y rapidez. Son cambios que van acompañados de dolor, sin embargo pueden producir grandes réditos. Los procesos seleccionados deben ser de carácter fundamental, y la reingeniería requiere la adopción de un enfoque centrado en el proceso.
2. **Mejoramiento de procesos:** es el estudio sistemático de las actividades y los flujos de cada proceso a fin de mejorarlo. El mejoramiento puede referirse a la calidad, el tiempo de procesamiento, los costos, los errores, la seguridad o la puntualidad en la entrega. Las técnicas básicas para analizar los procesos implican la observación sistemática y el registro de los detalles del proceso para permitir una mejor comprensión del mismo. Una vez que se ha comprendido realmente un proceso, es posible mejorarlo. El mejoramiento de los procesos garantiza el uso efectivo y eficiente de los recursos: medios, personas, equipos, tiempo, capital e inventario.

Según Harrington (1991), los objetivos más importantes del Mejoramiento de la Empresa (MPE) son:

1. Hacer efectivos los procesos, generando los resultados deseados.
2. Hacer eficientes los procesos, minimizando los recursos empleados.

3. Hacer los procesos adaptables, teniendo la capacidad para adaptarse a los clientes cambiantes y a las necesidades de la empresa.

Para esto, hay que lograr que la organización tenga procesos que:

- Eliminen los errores.
- Minimicen las demoras.
- Maximicen el uso de los activos.
- Promuevan el entendimiento.
- Sean fáciles de emplear.
- Sean amistosos con el cliente.
- Sean adaptables a las necesidades cambiantes de los clientes.
- Proporcionen a la organización una ventaja comparativa.
- Reduzcan el exceso de personal.

Krajewski et al (2008) sostienen que las bases de la filosofía del mejoramiento continuo son las convicciones de que prácticamente cualquier aspecto de una operación puede mejorar y que las personas que participan más cerca de una operación están en la mejor situación para identificar qué cambios pueden hacerse en ella. La mayoría de las empresas dedicadas activamente al mejoramiento continuo capacitan a sus equipos de trabajo en el uso del ciclo planear – hacer – comprobar – actuar para la resolución de problemas (método conocido como **Rueda Deming**). Este ciclo es la parte medular de la filosofía del mejoramiento continuo, y tal como se observa en la ilustración 1 los pasos son los siguientes:

Planear. El equipo selecciona un proceso que sea necesario mejorar y a continuación, lo documenta, establece metas cuantitativas para el mejoramiento y discute varios caminos. Posteriormente, elabora un plan de mejoramiento con mediciones cuantificables.

Hacer. Se aplica el plan y se observan los progresos. Los datos se recaban en forma continua para medir los avances del proceso.

Comprobar. Se analizan los datos recabados durante el paso anterior y se observa la coincidencia con las metas planteadas en el paso *Planear*.

Actuar. Si los resultados son exitosos se documenta el proceso realizado, a fin de convertirlo en procedimiento normal.

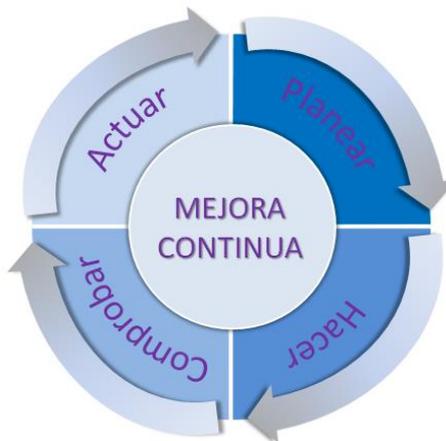


Ilustración 1. Rueda Deming. (Fuente: Elaboración propia)

Otro proceso sistemático para medir la calidad de los productos, servicios y procesos de una empresa es el **Benchmarking**. Generalmente se usa este método para entender mejor como hacen las cosas las empresas más destacadas, con miras a sus propias operaciones, y para formular metas y objetivos de rendimientos. Si bien es similar a la Rueda Deming, éste se enfoca en el establecimiento de metas cuantitativas para el mejoramiento continuo, y el benchmarking se aplica mejor en las situaciones de mejoramiento continuo de largo plazo. El benchmarking competitivo se basa en comparaciones donde se toma como modelo un competidor de la misma industria. En el benchmarking funcional se comparan con funciones homólogas de compañías sobresalientes de cualquier industria. El benchmarking interno consiste en estudiar a una unidad de la propia organización que tenga un desempeño superior y usarla de modelo para otras unidades.

2. Programación lineal

2.1 Introducción a la programación lineal

Según Krajewski (2008), los planes agregados (ya sea de producción o de personal) son declaraciones de estrategia en las cuales se especifican las tasas de producción o de servicio con sus correspondientes periodos de tiempo, los niveles de la fuerza de trabajo y la inversión en inventario. Estos planes muestran cómo funcionará la organización para alcanzar objetivos a más largo plazo, considerando la demanda y la capacidad que probablemente existirán en un horizonte de uno o dos años. En las organizaciones de servicios, el plan de personal vincula las metas estratégicas con el programa de fuerza de trabajo. Aunque es cierto que la programación lineal puede ayudar a analizar alternativas complicadas, la planificación agregada es esencialmente un ejercicio para la resolución de conflictos y la concertación de compromisos. La programación lineal es útil para asignar recursos escasos entre las distintas demandas que compiten por ellos. Los recursos pueden ser tiempo, dinero o materiales, y las limitaciones se conocen como restricciones.

La programación lineal es un proceso de optimización, donde la formulación del problema es el proceso de traducir una descripción verbal de un problema en un enunciado matemático que tiene las siguientes características:

1. Una función objetivo lineal que se va a maximizar o a minimizar.
2. Una serie de restricciones lineales.
3. Variables restringidas a valores no negativos.

A su vez, según Anderson (2011), existen tres supuestos necesarios para que un modelo de programación lineal sea apropiado: proporcionalidad, aditividad y divisibilidad. La *proporcionalidad* significa que la contribución a la función objetivo y la cantidad de recursos empleados en cada restricción son proporcionales al valor de la variable de decisión. La *aditividad* significa que el

valor de la función objetivo y los recursos totales empleados se calculan al sumar la contribución de la función objetivo y los recursos empleados para todas las variables de decisión. La divisibilidad significa que las variables de decisión son continuas. El supuesto de divisibilidad más las restricciones de no negatividad significan que las variables de decisión pueden tomar cualquier valor mayor o igual que cero.

Otros autores también agregan la *certidumbre*, lo que supone que los parámetros del modelo se conocen con certeza.

Para la formulación del enunciado matemático hay que tener en cuenta las siguientes características básicas de la programación lineal:

- **Variables de decisión.** Son aquellas selecciones que están bajo el control de la persona que toma las decisiones. Resolviendo el problema se obtienen sus valores óptimos. La programación lineal se basa en la suposición de que las variables de decisión son continuas.
- **Restricciones.** Son limitaciones que restringen las selecciones permisibles para las variables de decisión. Cada limitación puede expresarse matemáticamente en cualquiera de estas tres formas: restricción menor o igual que (\leq ; expresa un límite superior y se emplea en funciones de maximización), igual a ($=$; la función tiene que ser igual a un valor determinado) o mayor que o igual a (\geq ; impone un límite inferior a alguna función de las variables de decisión).
- **Región factible.** Consideradas en conjunto, las restricciones definen una región factible, la cual representa todas las combinaciones permisibles de las variables de decisión.
- **Parámetro.** Es un valor que la persona a cargo de tomar la decisión no es capaz de controlar y que no cambiará cuando la solución sea implementada.
- **Certidumbre.** Se supone que todos los parámetros se conocen con certidumbre.

- **Linealidad.** Implica proporcionalidad y aditividad, no puede haber en ellas productos ni potencias de las variables de decisión.
- **No negatividad.** Las variables de decisión deben ser positivas o cero.

2.2 Formulación del modelo

Según Krajewski (2008), las aplicaciones de la programación lineal comienzan con la formulación del modelo con las características antes descritas, y aplicando una secuencia de tres pasos que se describen a continuación.

- Definir las variables de decisión.* En esta etapa se define cada variable de decisión, recordando que las definiciones empleadas en la función objetivo deberían ser igual de útiles en el caso de las restricciones, y lo más específicas posible.
- Definir la función objetivo.* Aquí se precisa qué es lo que se intenta maximizar o minimizar y se identifican los parámetros que acompañarán a cada variable de decisión.
- Formular las restricciones.* En esta última etapa se determinan cuáles son los factores que limitan los valores de las variables de decisión. El parámetro correspondiente a una variable que no produce efecto alguno sobre una restricción es cero, y para mantener la debida corrección formal, se deben escribir también las restricciones de no negatividad.

Anderson (2011) sostiene que con frecuencia las variables llamadas variables de holgura, se añaden a la formulación de un problema de programación lineal para representar la holgura o capacidad sin utilizar, asociada con una restricción. La capacidad sin utilizar no contribuye en lo absoluto a las utilidades, por lo que las variables de holgura tienen coeficientes iguales a cero en la función objetivo.

Por último, algunos programas lineales pueden tener una o más restricciones que no afectan a la región factible; es decir, la región factible sigue

siendo la misma sin importar si la restricción se incluye o no en el problema. Debido a que ésta restricción no afecta a la región factible y, por tanto, no puede afectar la solución óptima, se le llama restricción redundante. Las restricciones redundantes pueden omitirse del problema sin que esto tenga un efecto en la solución óptima. Sin embargo, en la mayoría de los problemas de programación lineal, las restricciones redundantes no se descartan debido a que no se reconocen de inmediato como redundantes, los cambios en algunos de los datos podrían convertir una restricción previamente redundante en una restricción confinante.

Las soluciones óptimas ocurren en uno de los vértices, o “esquinas”, de la región factible. En la terminología de la programación lineal estos vértices se conocen como puntos extremos de la región factible.

Las variables de excedente se utilizan para escribir restricciones de “mayor o igual que” en forma de igualdad. Una variable de excedente indica la cantidad que rebasa y está por encima de algún requerimiento mínimo establecido. Cuando todas las restricciones se han expresado como igualdades, el programa lineal se ha escrito en su forma estándar. Si la solución a un programa lineal es infactible o ilimitada no se puede encontrar una solución óptima para el problema. En el caso de infactibilidad, las soluciones factibles no son posibles. En el caso de una solución ilimitada, la función objetivo puede tomar un valor infinitamente grande para un problema de maximización e infinitamente pequeño para un problema de minimización. En el caso de las soluciones óptimas alternas, existen dos o más puntos extremos óptimos y todos los puntos que forman parte del segmento de recta que los une también son óptimos.

En la representación en forma estándar de un programa lineal, los coeficientes de la función objetivo para las variables de holgura son cero. Esta condición implica que las variables de holgura, las cuales representan recursos sin emplear, no afectan el valor de la función objetivo. Sin embargo, en algunas aplicaciones, parte o todos los recursos sin emplear pueden venderse y contribuir a las utilidades. En estos casos, las variables de holgura correspondientes se vuelven variables de decisión que representan la cantidad de recursos a vender.

Para cada una de estas variables un coeficiente distinto de cero en la función objetivo reflejaría las utilidades asociadas con la venta de una unidad del recurso correspondiente.

En forma genérica, Hillier, F. y Lieberman, G (2002) expresan un modelo de asignación de recursos a actividades de la siguiente manera:

$$\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujetas las x_j a:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m \end{aligned}$$

Y considerando,

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

Dónde:

x_j son las variables de decisión del problema. Representa el nivel de actividad j (para $j=1, 2, \dots, n$)

c_j son los parámetros que representan beneficios, ingresos o costos unitarios. Muestra el incremento en Z como resultado de cada incremento unitario en el nivel de actividad j .

a_{ij} son los parámetros que representan los coeficientes técnicos en las restricciones. Representa la cantidad de recursos i consumida por cada unidad de actividad j .

b_i son los términos independientes de las restricciones. Generalmente representan disponibilidades de insumos o requerimientos necesarios, es decir la

cantidad de recurso i disponible para ser asignado a la actividad (para $i = 1, 2, \dots, m$).

Dado que el modelo plantea el problema en términos de toma de decisiones sobre niveles de actividad, entonces x_1, x_2, \dots, x_n son las llamadas variables de decisión. Los valores de c_j, b_i , y a_{ij} (para $i = 1, 2, \dots, m$ y $j = 1, 2, \dots, n$) son las constantes de entrada del modelo.

2.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es el estudio de cómo los cambios en los coeficientes de un problema de programación lineal afectan a la solución óptima. Mediante el análisis de sensibilidad, podemos responder preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo afectará el cambio de un coeficiente de la función objetivo a la solución óptima?
- ¿Cómo afectará el cambio de un valor del lado derecho de una restricción a la solución óptima?

Debido a que el análisis de sensibilidad se ocupa de cómo estos cambios afectan a la solución óptima, este análisis comienza una vez que se obtiene la solución óptima para el problema de programación lineal. Por esta razón, el análisis de sensibilidad con frecuencia se conoce como análisis de post-optimización.

Si un modelo de programación lineal se utiliza en un entorno cambiante, podemos esperar que algunos de los coeficientes del modelo cambien con el tiempo y tal vez necesitemos determinar cómo afectan estos cambios a la solución óptima. El análisis de sensibilidad proporciona la información necesaria para responder a estos cambios sin requerir una solución radical de un programa lineal modificado.

2.4 Programación lineal entera mixta

De acuerdo a Hillier, F. y Lieberman, G (2002) existen numerosos ejemplos y diversidad de aplicaciones de la programación lineal. Sin embargo, una limitación clave que evita muchas más aplicaciones es la presunción de divisibilidad, la cual requiere que variables no enteras sean permitidas como variables de decisión. En muchos problemas, las variables de decisión tienen sentido sólo si tienen valores enteros. Si el requerimiento de valores enteros es la única manera en la que el problema difiere de la formulación de un problema lineal, entonces se trata de un problema de programación entera.

El modelo matemático para la programación entera es igual a un modelo de programación línea con la restricción adicional que las variables deben ser valores enteros. Si se requiere que sólo algunas de las variables tengan valores enteros (por lo tanto, la suposición de divisibilidad se cumple para el resto), este modelo es conocido como programación entera mixta. Cuando un problema tiene todas sus variables enteras, se lo llama programación entera pura.

Son muchas las aplicaciones de programación entera que involucran una extensión directa de programación lineal donde, se debe descartar la suposición de divisibilidad. Sin embargo, otra área de aplicación puede ser aún más importante, a saber, los problemas que implican una serie de "decisiones de sí o no" interrelacionadas. En tales decisiones, las únicas dos opciones posibles son sí y no.

Con solo dos opciones, podemos representar tales decisiones mediante variables de decisión que están restringidas a solo dos valores, por ejemplo, 0 y 1. Por lo tanto, la j -ésima decisión de sí o no estaría representada por x_j tal que:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si la decisión } j \text{ es Si} \\ 0 & \text{si la decisión } j \text{ es No} \end{cases}$$

Tales variables se llaman variables binarias (o variables 0-1). En consecuencia, los problemas de programación entera que contienen solo variables binarias se llaman problemas de programación de enteros binarios (o problemas de programación de números enteros 0-1).

3. Introducción al proceso bajo análisis

3.1 Descripción de la estructura

Como se mencionó precedentemente, la Compañía reporta al grupo internacional que la adquirió en el año 1998. Está dividida en 3 unidades de negocio: Retail, Real State y Negocios de Cercanía. Dentro del negocio del Retail cuenta con 15 tiendas, distribuidas en 9 provincias de la Argentina, a las cuales se ha integrado paulatinamente la actividad Real State. Hasta el momento el Negocio de Cercanía solo ha desembarcado en la provincia de Córdoba, con 12 tiendas.

Cada sucursal del formato hipermercado es un centro de costos y beneficios individual y, como se muestra en la Ilustración 2, tiene una estructura jerárquica independiente y propia, liderada por el Director de Sucursal. A su vez las tiendas responden funcionalmente a la Dirección de Operaciones de la Administración Central, desde donde se trazan los planes estratégicos que luego deben ejecutarse en todas las sucursales. Dentro de la estructura de la tienda, se pueden dividir los procesos en comerciales y de servicios, donde en éste último grupo se encuentra el área de Facturación y Tesorería, dentro de la Gerencia Administrativa.

Con respecto a la dotación total del Hipermercado, la misma es fija a lo largo de todo el año, tanto en los procesos *core* como los de soporte, excepto en el mes de diciembre que se contratan refuerzos para las actividades de venta asistida, reposición y facturación.

La ilustración 2 muestra la estructura típica de un hipermercado:

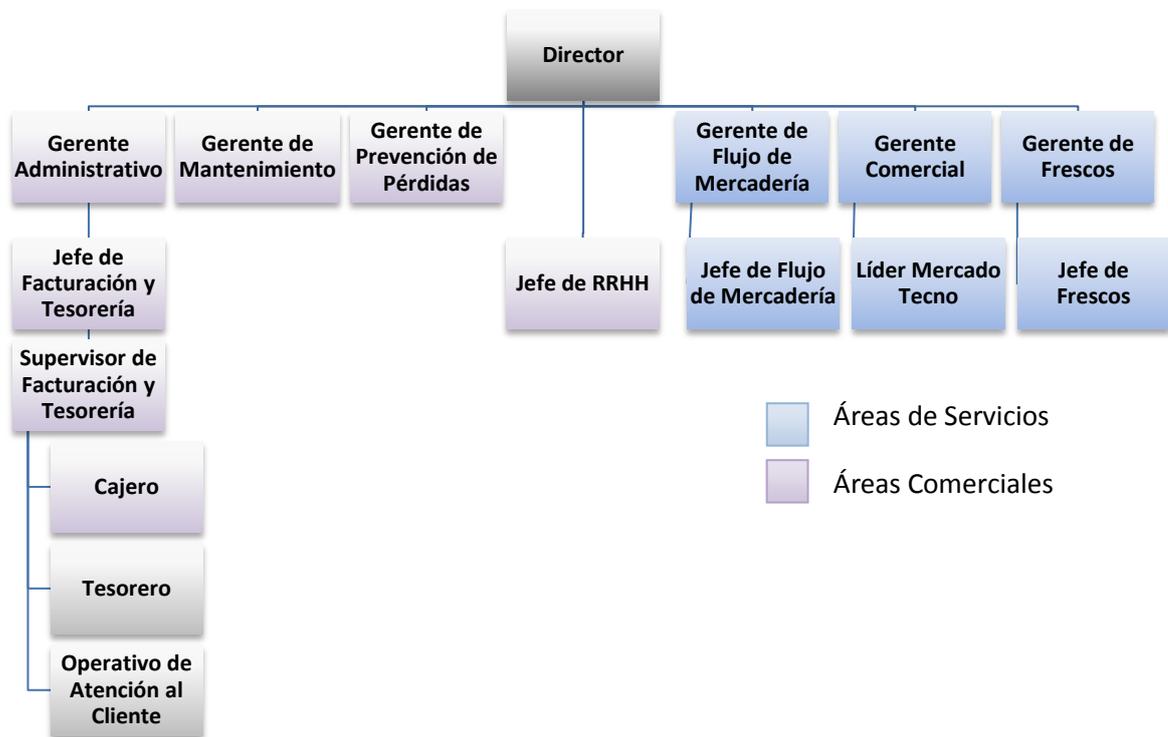


Ilustración 2. Organigrama sucursal. (Fuente: Elaboración propia)

Si bien, en teoría, el conjunto de procesos y procedimientos deben ser aplicados de la misma manera en las 15 tiendas, lo cierto es que varían entre ellas debido a las diferentes ubicaciones geográficas, las distintas regulaciones externas a las que están sometidas, las diferentes clientelas que concurren a la tienda y la cultura organizacional propia de la sucursal. A su vez, esto se acentúa por la falta de capacitación formal y unificada en todos los puestos, lo que lleva a que el conocimiento se transmita de persona a persona y de acuerdo a su criterio propio, arraigándose así las costumbres de cada sitio y distanciándose, cada vez más, la sucursal del resto del parque.

Esta situación se acentúa por el hecho de que las herramientas de control y gestión con las que se cuenta son obsoletas. Como consecuencia cada líder diseña sus propios métodos de planificación, realización y control de actividades y tareas, tanto propias como de sus equipos de trabajo.

3.2 Funcionamiento de la línea de cajas.

Con respecto a la línea de cajas¹, si bien se respeta la realización de tareas de acuerdo a la responsabilidad que impone la jerarquía de cada puesto, generalmente estas tareas se distribuyen entre los colaboradores, tanto líderes (entre ellos Jefes y Supervisores) como cajeros, de acuerdo a la disponibilidad que tienen los mismos en un preciso momento. Es decir que no existe una distribución formal de tareas en determinadas personas sostenida a lo largo del tiempo. Esto en parte se justifica por el principio de polifuncionalidad que se debe cumplir dentro de cada sector y como consecuencia la posibilidad de eliminar los tiempos muertos de los colaboradores. Así es que, si bien todos los trabajadores de Facturación y Tesorería están imputados a un centro de costos particular de esta área (Facturación, Tesorería o Atención al Cliente), nada impide que puedan realizar de manera eventual algunas tareas dentro de otro centro de costos de la misma área (generalmente los intercambios de colaboradores se realizan entre la línea de cajas y Atención al Cliente, ya que en la Tesorería se necesitan conocimientos más específicos para el desarrollo de las labores). Además, dentro del centro de costos de Facturación, los cajeros pueden ser asignados indistintamente a cualquier caja que se necesite cubrir en el momento en que estos comienzan su jornada laboral.

Las cajas actualmente instaladas pueden clasificarse de la siguiente manera:

Por la forma de espera del cliente:

- Caja de fila única: los clientes se colocan a medida que llegan a la línea de cajas en una única fila de espera, que alimenta a un conjunto de cajas. A medida que se termina de cobrar a cada cliente, ingresa la caja que se acaba de desocupar el próximo cliente ubicado en la fila de espera. Según la Teoría de Colas, el modelo responde a un sistema con una línea y múltiples servidores.
- Caja de espera individual: cada caja tiene una fila de espera, eligiendo el cliente al momento de llegar a la línea de cajas en cual desea colocarse para

¹ “Línea de cajas” se llama al conjunto de cajas instaladas para la facturación de mercadería.

realizar el pago. Según la teoría de colas, se trata de una estructura típica de un sistema de cola con una línea y un servidor.

En general, la fila única esta empleada para cajas de menos de 20 unidades, las que representan el 20,7% del total de cajas de cada sucursal. Las razones por las cuales no se ha implementado en las restantes tiendas son la elevada inversión que se necesita para adecuar el espacio a esta forma de operar, o bien por la imposibilidad de hacer cumplir las reglamentaciones vigentes en materia de Higiene y Seguridad con relación a los espacios (no se logra respetar los 2 metros como mínimo que deben existir entre 2 góndolas, o como en éste caso entre la góndola y la línea de cajas).

Por el servicio que ofrece al cliente:

- Caja ecológica: en pos del cuidado del medio ambiente en esta caja no se entregan bolsas de polietileno ni cajas de cartón, debiendo el cliente contar con su propio empaque para transportar la mercadería que adquiere. En todas las sucursales se cuenta con al menos 1 caja ecológica, excepto en la ciudad de Villa María que por la Ordenanza Municipal 6223 no pueden entregar bolsas de polietileno en ninguna caja, por lo cual el sentido de la caja ecológica se desvirtúa. Tampoco en la ciudad de Rafaela, que por un acuerdo entre la Secretaría de Servicios, Espacios Públicos y Medio Ambiente y la Cámara de Supermercados comenzó a trabajar en el Programa “Rafaela + Sustentable”, donde a partir de mayo de 2013 los supermercados integrantes de la cámara han decidido dejar de entregar bolsas gratuitas y comenzar a vender las mismas, como una medida para desalentar su uso irracional. En este caso tampoco representaría un servicio diferencial la implementación de la caja ecológica.
- Caja prioridad: se establece la prioridad en la atención de embarazadas, ancianos, discapacitados y personas solas con niños menores. Si bien no hay una Ley Nacional que regule la situación de personas en estas condiciones, sí existen proyectos de ley y leyes provinciales que regulan dentro de su ámbito de actuación esta operatoria, como en el caso de

Córdoba que la regula la Ley 9131. En todas las tiendas se cuenta con estas cajas. Por último, cabe destacar que se establece la prioridad en la atención, no la exclusividad de estos grupos etarios.

- Caja sólo efectivo: en esta caja se cobra exclusivamente a aquellos clientes que abonen su compra sólo con dinero en efectivo. Años atrás estas cajas estaban instaladas en todas las sucursales, pero dada la tendencia de disminución en el uso de este medio de pago las mismas se fueron reduciendo hasta sólo quedar en la actualidad una única caja en la sucursal de Rosario.
- Caja exclusiva Visa: el cobro de resúmenes de cuenta de tarjeta Visa se realiza en todas las sucursales, en las cajas de más de 20 unidades sin ningún tipo de prioridad frente a los clientes que sólo realizan sus compras. Sin embargo, en la sucursal de San Juan, debido a que hay una gran cantidad de cajeros con distintos tipos de restricciones físicas que le imposibilitan facturar productos y/o hacer otro tipo de tareas se habilitó la caja exclusiva Visa, para asignarlas horas de estos colaboradores al cobro de resúmenes de cuenta.

Por la cantidad de productos que se permiten comprar:

- Caja de menos de 20 unidades: la compra que se abona en estas cajas no debe superar los 20 productos, entendiendo como una unidad de producto cada escaneo² o ingreso manual³ del código de barras o EAN (European Article Number), independientemente de si el mismo representa una unidad o un bulto. Por ejemplo, un pack de 10 unidades de azúcar cuenta con 2 códigos de barra, el impreso en el paquete individual y el impreso en el packaging del bulto cerrado. Al escanear este último, se considera que solo se ha facturado una unidad, aun cuando el cliente está comprando las 10 unidades que contiene el pack.

² Escaneo es la acción por medio de la cual el cajero coloca el código de barras del producto sobre el hardware que lee el mismo, contabilizando el ingreso en el sistema de facturación.

³ En el ingreso manual, el cajero digita en el teclado los 13 números del código de barras del producto para darle ingreso en el sistema de facturación.

- Caja de más de 20 unidades: es la caja donde cada compra puede superar los 20 productos, con la única limitación en su cota máxima establecida por la Resolución General 3666/2014 (BO: 4/9/2014) de la AFIP, mediante la cual se fija el tope de \$ 25.000 para respaldar operaciones con el comprobante llamado “ticket factura”. En este sentido, es necesario aclarar que ésta es una disposición temporal, ya que hasta septiembre de 2014 existía el tope de \$1.000 para la emisión de ticket-factura. La resolución autoriza la emisión de ticket, ticket factura, ticket nota de débito y ticket nota de crédito, solo con la leyenda “A consumidor final” y sin observar el tope de \$ 1.000, mediante la utilización de controladores fiscales de vieja tecnología. Cabe destacar que los controladores fiscales de “vieja tecnología” son los instalados en la línea de caja, contando con controladores de “nueva tecnología” solo en Atención al Cliente. Dicha autorización estará vigente hasta tanto resulte obligatoria la utilización de los controladores fiscales de “nueva tecnología”. Es decir que a partir de esta resolución es posible:
 - Emitir ticket a Consumidores Finales por Controladores Fiscales hasta el límite de \$ 25.000.
 - Emitir ticket-facturas “A” o “B” por Controladores Fiscales hasta el límite de \$ 25.000, para aquellos clientes que manifiesten su necesidad de contar con dicho comprobante.
 - Emitir facturas “A” o “B” por Impresoras Fiscales sin límite de facturación, para aquellos clientes que manifiesten su necesidad de contar con dicho comprobante.
 - Emitir Nota de Débito o Crédito “A” o “B” por Controlador Fiscal o Impresora Fiscal, de acuerdo a los límites indicados en los 2 primeros puntos.

En otras palabras, ya no existe la limitación de que la compra sea menor a \$1000 si el cliente desea recibir ticket B, lo que facilita de manera notoria la operatoria, ya que en caso de que la compra superara este tope el consumidor necesariamente debía empadronarse como cliente fiscal para poder emitirle un

ticket factura A. Frente a este escenario cualquiera de las 2 situaciones que se pueden dar generan demoras en el proceso de facturación. Estas situaciones son:

- Que el cliente acceda a empadronarse en el momento de su paso por la caja, para lo cual se interrumpe el proceso de facturación (generalmente se suspende cuando se terminaron de escanear todos los productos) y se dirige a Atención al Cliente para realizar el empadronamiento. Luego de realizado el empadronamiento, regresa a la caja para finalizar su compra y en ese momento la cajera debe interrumpir la facturación que está realizando en ese instante para proceder con el cobro del cliente recién empadronado.
- Que el cliente no desee informar sus datos para ser registrado como cliente fiscal, en ese caso puede suceder que:
 - Desista de realizar la compra, anulándose el ticket y retirando el cajero los productos del *checkout*⁴ para ser devueltos posteriormente a la góndola.
 - Se dirija a otra caja para que se le facturen los productos restantes, dividiendo así su compra en dos o más partes.

Con respecto a la planificación, la definición de los horarios de ingreso y descanso semanal de toda la dotación es realizada con antelación (generalmente la última semana de cada mes). Sin embargo, los distintos tipos de cajas son asignadas a los cajeros de acuerdo a la necesidad del instante, en el momento en que estos comienzan su turno laboral.

Actualmente, no existe una herramienta actualizada que se aplique de manera uniforme y con el mismo criterio en todas las tiendas. Actualmente se utiliza el sistema Tango, que no cuenta con información del mismo periodo comparable del año anterior, que permita observar el comportamiento de la venta en cada momento del día. Esto lleva a que después de haber parametrizado el sistema de horarios y descansos con las restricciones que presenta la dotación, el resultado que arroja el sistema esté alejado de la posible necesidad real de

⁴Checkout es el mueble de la línea de cajas donde se coloca la mercadería que será facturada.

cajeros para cada uno de los bloques del día. Como consecuencia, es necesario que esta planificación “preliminar” obtenida se ajuste con modificaciones manuales, en base al conocimiento práctico sobre el comportamiento del cliente que tiene la persona que está realizando la planificación.

Por todo lo expuesto, y frente a la diversidad de clientes internos que tiene la Compañía, la multiplicidad de las tareas, y la informalidad y obsolescencia de las herramientas de gestión con que se cuenta, es necesaria una reestructuración del trabajo que permita homogeneizar las distintas maneras en que se ejecutan estas tareas y se miden los procesos. Procesos inadecuados que han sido automatizados por lo antiguo y repetitivo de su práctica, y como consecuencia, el trabajo se realiza mal, más rápido y cada vez con menos esfuerzo.

3.3 Tipos de contrato

Dentro de la dotación existen 3 tipos de contratos:

- Full-time: los cajeros con este tipo de contrato trabajan 48 horas por semana con un límite de 8 horas por día (o 16 bloques de 30 minutos cada uno), y tienen un día de descanso por semana. Es obligatorio para los cajeros comprendidos en este tipo de contrato, que 1 de los 4 francos mensuales sea otorgado en día domingo.
- Part time: los cajeros con este tipo de contrato trabajan 30 horas por semana, como máximo 5 horas por día (o 10 bloques de 30 minutos cada uno), y así como los full time gozan de 1 día de descanso por semana.
- Fin de semana: los cajeros de este grupo trabajan 2 días de 8 horas (16 bloques de 30 minutos cada uno) distribuidos entre sábados, domingos y feriados. Para este tipo de contrato no se otorgan días de licencia semanal.

Finalmente, cabe destacar que la cantidad de horas trabajadas en una semana se computa a partir del día lunes y hasta el domingo siguiente.

3.4 Costos

El trabajo de los cajeros del hipermercado está regulado por la Convención Colectiva de Trabajo N° 130/75, que reglamenta las escalas salariales. Dentro de los componentes de la remuneración se encuentra un adicional por antigüedad, correspondiente al 1% por cada año trabajado. Es importante tener en consideración este componente debido a la elevada antigüedad promedio de los colaboradores del hipermercado.

A continuación se detalla la composición de la nómina (columna “cantidad” de la tabla 1) del hipermercado tomado como referencia en este trabajo y el costo semanal⁵ de cada tipo de contrato (columna “Costo Semana”). Cabe destacar que el costo expuesto en la primera tabla considera la antigüedad real promedio de cada tipo de contrato (columna “Antigüedad promedio”) y en la segunda tabla se muestra el costo de la hora sin antigüedad (columna “antigüedad”):

Contrato	Cantidad	Antigüedad promedio	Costo Hora	Costo Semana
Full Time	17	13	100	4800
Part Time	28	5	97	2910
Fin de semana	32	8	99	1584

Contrato	Cantidad	Antigüedad	Costo Hora	Costo Semana
Full Time	17	1	86	4128
Part Time	28	1	94	2820
Fin de semana	32	1	89	1424

Tabla 1. Costo laboral.

Se observa que en el caso de no considerar la antigüedad, el costo de los cajeros part time y de fin de semana se vuelven relativamente más caros con respecto a los full time (incremento del costo unitario). El costo de un cajero part time sin antigüedad representa un 68,3% de un cajero full time, mientras que con antigüedad el porcentaje es del 61,9%. Lo mismo ocurre con el costo de los cajeros de fin de semana, donde el porcentaje es de 34,5% o 32,3% con respecto

⁵ El costo laboral incluye contribuciones patronales.

a un colaborador full time, según se considere o no la antigüedad promedio de la dotación.

3.5 Restricciones legales

Como se expresó en la sección precedente, el trabajo de los cajeros del hipermercado está regulado por la Convención Colectiva de Trabajo N° 130/75. En este sentido, a los trabajadores de comercio se le aplican las disposiciones de la Ley de Contrato de Trabajo y de la Ley N° 11.544 con respecto a las jornadas, por lo tanto, la duración del trabajo no podrá exceder de 8 horas diarias o 48 horas semanales, con la restricción de que no se puede trabajar más de 9 horas diarias. Además, en ningún caso las jornadas de un trabajador pueden ser inferiores a 3 horas.

Con respecto a los descansos, durante la jornada de trabajo todos los cajeros disponen de 30 minutos de pausa, independientemente del tipo de contrato que posean.

3.6 Medición de tiempos y productividad

El proceso de facturación puede ser graficado como se muestra en la ilustración a continuación:

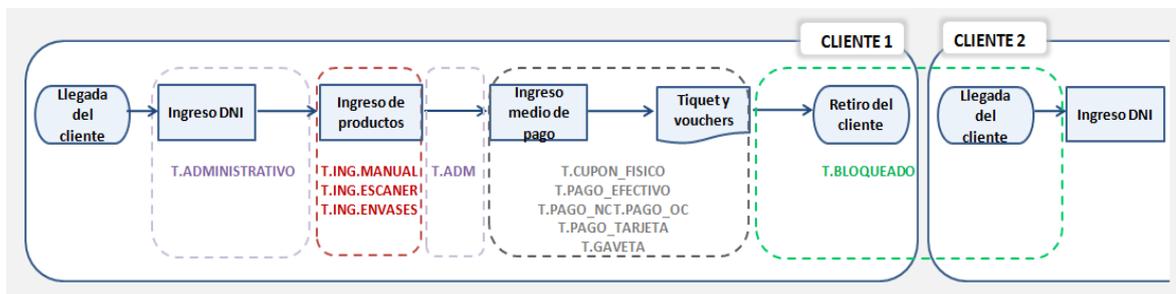


Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de cobro. (Fuente: Elaboración propia)

Actualmente, todas las etapas del proceso de facturación puede ser monitoreado desde la plataforma de Business Intelligence (BI) del Hipermercado, con una medición precisa de los tiempos de ejecución de cada una de las tareas que realiza el cajero mientras se encuentra *logueado*⁶ en su puesto de trabajo. A los fines prácticos y para una mejor comprensión estos tiempos son agrupados de la siguiente manera:

- **Escaneo:** contiene el tiempo de las acciones realizadas para ingresar en el sistema de facturación la información de los productos que el cliente compra. Los tiempos incluidos en este grupo dependen directamente de la cantidad de productos que se facturan (ítems), y son los siguientes:
 - Tiempo de ingreso manual (T.ING.MANUAL): es el tiempo insumido en el ingreso del código EAN del producto digitando los números que lo componen en el teclado.
 - Tiempo de ingreso con escaneo (T.ING.SCANNER): es el tiempo empleado para ingresar del código a través de la lectura con el escáner.
 - Tiempo de ingreso de tickets de envases (T.ING.ENVASES): es el tiempo que insume ingresar los vales de envases retornables de bebidas. Al ingresar estos comprobantes se genera un crédito en el ticket por el importe equivalente a la cantidad de envases que el cliente entregó al Hipermercado.

- **Cobro:** agrupa el tiempo de todas las acciones realizadas por el cajero para el ingreso de los distintos medios de pago de la compra. Comienza después del escaneo el último producto, cuando se le da la orden al sistema de calcular el importe total del ticket y los descuentos obtenidos. A diferencia del grupo anterior, los tiempos computados en este grupo están directamente relacionados a la cantidad de tickets (transacciones) y no a los productos. Estos tiempos son:

⁶Logueo es la acción por la cual el cajero se identifica en el puesto de trabajo realizando la apertura de la caja. El cajero estará “logueado” hasta el momento en que se retira de la caja.

- Tiempo de cupón físico de tarjetas (T.CUPON_FISIC): tiempo empleado para ingresar en el ticket de la operación un cupón de tarjeta de crédito y/o débito realizado en validador off line⁷.
- Tiempo de pago en efectivo (T.PAGO_EFECTIVO): tiempo insumido en recibir el dinero en efectivo, calcular el vuelto y cerrar el cajón donde se almacena el dinero. No considera el tiempo durante el cual se le entrega el vuelto al cliente.
- Tiempo de pago con nota de crédito (T.PAGO_NC): representa el tiempo que toma ingresar como medio de pago una Nota de Crédito (recibida por el cliente por devoluciones de compras que realizó en una ocasión anterior).
- Tiempo de pago con tarjetas (T.PAGO_TARJET): es el tiempo que se insume en el proceso de cobro con tarjetas de crédito y/o débito. Comienza a partir de que se le indica al sistema que se abonará con tarjeta hasta que se imprime el último comprobante de la operación.
- Tiempo de pago con Órdenes de Compra (T.PAGO_OC): indica el tiempo que demanda ingresar como medio de pago órdenes de compra emitidas por otras empresas con las cuales el hipermercado tiene convenio Business to Business⁸.
- Tiempo de gaveta (T.GAVETA): es el tiempo durante el cual el cajón de dinero se encuentra abierto. Puede darse al final de una operación, durante la transacción de cobro, y también en otras ocasiones con autorización del Supervisor, como por ejemplo la realización de arquezos de fondos.

⁷ Son llamadas operaciones de cobro off line a aquellas que por haber algún desperfecto en el sistema de facturación no pueden realizarse en la misma caja, y se realizan en un validador off line, generalmente ubicado cerca de Atención al Cliente. El cupón comprobante que genera este validador se ingresa manualmente al ticket de la operación, en la caja donde se inició la operación.

⁸ Este tipo de convenios es realizado por el área de Loyalty y Nuevos Negocios con el fin de captar clientes corporativos, entregándoles beneficios especiales como ordenes de compras para ser utilizados en determinados días de la semana.

- **Jornada:** contiene todos los tiempos que no son atribuibles al proceso de facturación al cliente propiamente dicho, y que ocurren durante el tiempo en el que el cajero está conectado en su puesto de trabajo. Debido a que se trata de tiempos que no se pueden asociar al ingreso de un producto en particular o a la generación de un ticket, se relaciona a la jornada laboral del cajero. Se pueden mencionar en este agrupamiento los siguientes eventos:
 - Tiempo de retiro de efectivo (T.RETIRO): es el tiempo que insume el retiro de dinero en efectivo del cajón, que realiza periódicamente el tesorero para reducir el nivel de dinero en poder del cajero, para seguridad de este último.
 - Tiempo de teclado bloqueado (T.BLOQUEADO): es el tiempo durante el cual el teclado permanece bloqueado. Se utiliza esta acción para tiempos reducidos durante los que el cajero no se encuentra facturando. Por ejemplo, para realizar tareas administrativas que le fueron ordenadas por el Supervisor o Jefe, siempre que el cajero se haya conectado previamente, de lo contrario este tiempo en tareas alternativas no será computado dentro de la jornada laboral en ninguna categoría. También se computa como bloqueado el tiempo que transcurre entre la finalización de un ticket y el comienzo del siguiente.
 - Tiempo de cobro resúmenes de cuenta (T.COBRO VISA HIPOT): es el tiempo que se dedica a cobrar resúmenes de cuenta de tarjetas de crédito del Banco Hipotecario. Este servicio, a excepción de la sucursal San Juan que como se mencionó anteriormente tiene una caja habilitada exclusivamente para este fin, se brinda sólo en cajas comunes.
 - Tiempo administrativo (T.ADMINISTRATIVO): durante el proceso de cobro al cliente hay 2 momentos que son computados como tiempo administrativo:
 - al comienzo de un ticket, desde que se identifica al cliente introduciendo su número de DNI hasta que se ingresa el primer producto, ya sea manual o escaneado, y

- al final del ticket desde que se presiona la tecla que calcula el importe final de la compra y descuentos aplicables hasta que se indica la forma de pago.

Existe otra situación que también debe considerarse como tiempo administrativo, y es cuando al cabo de dos minutos de no registrarse ninguna acción en el sistema comienza un periodo de inactividad que se registra en este grupo.

Es importante resaltar la diferencia entre los términos “tiempo **ocioso**” y “tiempo **administrativo**” que se utilizarán en secciones posteriores. El modelo de programación lineal desarrollado en este trabajo será capaz de asignar turnos (jornadas diarias de trabajo) a los cajeros, los cuales deben cumplir un determinado número de días de trabajo de acuerdo a su contrato. Si el modelo, por falta de demanda, no logra asignar todos los turnos de la semana de un cajero se dice que habrá tiempo ocioso, es decir tiempo de trabajo que un colaborador no dedicará a la tarea de facturación propiamente dicha (por ejemplo será destinado al centro de costos de Atención al Cliente para la gestión de reclamos). Estos tiempos ociosos no son computados dentro de la jornada laboral del cajero, ya que el mismo no se conecta en la caja, haciendo que la jornada laboral teórica (y pagada) se distancie de la jornada real y medida (en la caja, facturando). Por otra parte, los tiempos administrativos corresponden a los tiempos de inactividad descritos más arriba, que se incluyen en el grupo “Jornada”. Aquí, también se pueden presentar momentos de depresión de la demanda en un día, en bloques horarios particulares, dentro del turno de un cajero. Debido a que los turnos son fijos con respecto a la cantidad de horas que lo componen, el modelo de todas maneras asignará el turno (para cumplir con los picos de demanda dentro de este turno) y los tiempos donde no habrá clientes son considerados como administrativos, ya que son periodos de inactividad del cajero. Debido a que estos tiempos acontecen mientras que el cajero se encuentra conectado, son computados dentro de la jornada laboral. En este caso, la jornada real es similar a la jornada teórica, pero aun así incluye grandes ineficiencias, es por eso que con una correcta planificación estos tiempos deberían ser reducidos al mínimo

mejorando la productividad o, en su defecto, trasladados a tiempos ociosos para los cuales pueden planificarse con antelación otro tipo de tareas. En resumen, los tiempos ociosos son los momentos de baja demanda en la semana que hacen que no se asignen y trabajen el 100% de los turnos, y los tiempos administrativos son los momentos de baja demanda en el día, que hacen que no se trabajen el 100% de las horas de un turno que ha sido asignado.

Sólo una parte de estos tiempos mencionados se utilizan para el cálculo de la productividad, entendida como la relación entre los productos ingresados y el tiempo necesario para hacerlo, donde

$$Productividad = \frac{\text{Ítems ingresados}}{\text{Hora}}(1)$$

donde el denominador incluye tiempos de ingreso, cobro y sólo el tiempo administrativo del grupo “Jornada”.

Cabe destacar que aquellas cajas donde mayores sean los tiempos relacionados a las unidades y menores (proporcionalmente) los relacionados a los tickets, serán las que tengan mayores productividades. Dicho de otra manera, encontraremos las productividades más altas en aquellas cajas que tienen mayor facturación de productos por ticket (con menor participación de tiempo de cobro), siempre considerando que la performance de los cajeros ubicados en diferentes tipos de caja no varía.

Para aclarar la definición anterior, a continuación se muestra un ejemplo (teórico):

	Caja común	Caja rápida
Tiempo de ingreso	1.370	1.370
Tiempo de cobro	315	813
Otros (tiempo administrativo)	1.500	4.153
Horas	3.185	6.337
Productos facturados	1.644.000	1.644.000
Productividad	516	259

Tabla 2. Ejemplo de productividad por tipo de caja

La tabla 2 muestra el cálculo de la productividad para cajas comunes y rápidas. La simulación realizada se basa en tiempos de trabajo y tickets promedio reales del mes de julio. Los resultados muestran que frente a la misma cantidad de productos escaneados la productividad de una caja rápida es de 259 productos por hora, frente a los 516 de una caja común. Como se mencionó en el párrafo anterior, esto se justifica por el tiempo dedicado al cobro, que es la parte fija de la transacción. Con una cantidad fija de productos a facturar, la cantidad de tickets en cajas rápidas es mayor que en las cajas comunes, y por ende el tiempo de cobro también. Lo mismo ocurre con el tiempo administrativo.

Para representar lo expuesto, en la ilustración 4 se muestra la distribución total del tiempo trabajado en cajas comunes y rápidas de la primera semana del mes de julio:

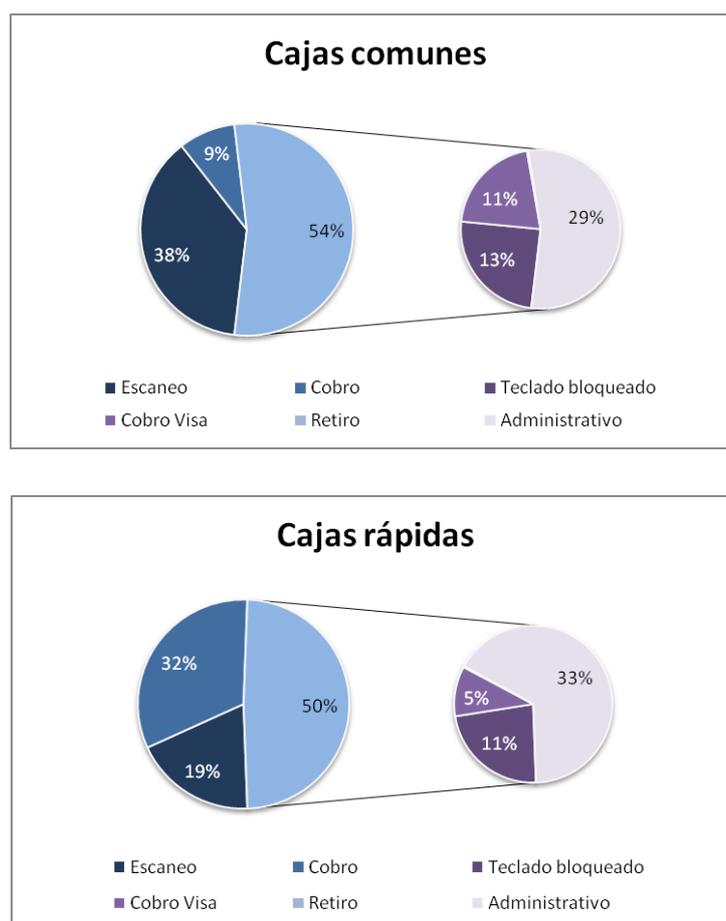


Ilustración 4. Distribución del tiempo de cajeros según el tipo de caja.

En los gráficos se observa, en ambos casos, que del total del día laboral, la mayor parte se dedica al grupo de tiempo “Jornada” (54% en cajas comunes y 50% en cajas rápidas), el cual como se dijo anteriormente incluye tiempos administrativos, cobro de tarjeta Visa, retiro (que en los gráficos no se muestra por lo insignificante de su participación) y teclado bloqueado. En el presente trabajo, a partir de una correcta asignación de horarios, se buscará reducir la participación de este grupo “Jornada”, a través de la disminución del subgrupo tiempo administrativo (el único del grupo “Jornada” considerado en el cálculo de la productividad), incrementando la participación de los tiempos de escaneo y cobro.

Además, en línea con lo desarrollado en la tabla 2, la ilustración 4 muestra que el tiempo de escaneo es más alto en las cajas comunes (38%) que en las rápidas (19%), y lo inverso ocurre con el tiempo de cobro (en cajas comunes la participación es de 9% mientras que en las cajas rápidas es de 32%).

Como conclusión de todo lo anterior se puede decir que la medición de la productividad sólo considera parcialmente la jornada laboral (por excluir una parte importante del grupo Jornada: tiempos de retiro, teclado bloqueado y cobro de tarjeta Visa). Así, mientras más ineficaz sea la planificación de horarios, la “jornada productiva” que realmente se mide se alejará de manera significativa de la “jornada real” entendida como el tiempo total que el cajero está en servicio, ya que existirán tiempos ociosos, que son pagados y no utilizados (y tampoco considerados en el cálculo de la productividad), además de momentos donde la capacidad de atención se verá sobrepasada por los clientes en espera.

Además, por lo intrínseco de la operatoria en cada tipo de caja, las cajas comunes son más productivas que las rápidas por ejemplo, por lo que para poder realizar una correcta planificación de recursos es necesario considerar los distintos flujos de clientes a recibir en cada tipo de caja y conocer la capacidad de atención de los cajeros (productividad) en cada una de ellas.

4. Desarrollo de mejora

El objetivo de un modelo de programación lineal consiste en reproducir la realidad de la forma más precisa posible, tratando de entender cómo se comporta el mundo real y obteniendo las respuestas que pueden esperarse de determinadas acciones.

En el presente estudio, como se explicó en los objetivos del trabajo, a través de un modelo de programación lineal se encontrará la cantidad óptima de cajeros para cada bloque horario con la indicación de la condición horaria a la que pertenecen, permitiendo transformar los tiempos ociosos de cada turno en tiempos productivos de facturación. Para esto, y dada la multiplicidad de variables comprendidas en el modelo, se adoptaron una serie de supuestos que reducen la complejidad del mismo. Así mismo, el modelo matemático conserva la suficiente aproximación a la realidad para resolver el problema de asignación y obtener conclusiones válidas. A continuación se explican los supuestos mencionados:

- El horizonte sobre el cual se trabaja es de 1 semana, la primera del mes de julio.
- Solo se consideran las cajas comunes.
- Los horarios de descanso en la jornada se asignaron de manera fija a los turnos (ver apartado 4.2 Creación de turnos).
- La jornada laboral se fraccionará en bloques de 30 minutos.
- Los descansos semanales son asignados en cualquier día de la semana para los cajeros full time y part time, ya que el horizonte es de una semana. Es decir, no se incluye la restricción de otorgar un domingo de franco obligatorio por mes, ya que el horizonte no considera este periodo.

Todas estas situaciones en un futuro podrían ser incluidas, e incluso profundizadas en diferentes líneas de investigación

4.1 Cálculo de los datos de entrada

En una primera etapa se analizará el comportamiento de cada uno de los tiempos de la jornada laboral, para en base a esto poder hacer una primera aproximación de cajeros necesarios en cada día.

En función del agrupamiento de tiempos de ejecución de cada tarea que se realizó en el capítulo anterior, en la tabla 3 se muestra el cálculo para un mes completo de los tiempos relacionados a transacciones, unidades y de jornada para los 4 tipos de caja que existen. De este modo tenemos:

		CAJA COMUN	CAJA RAPIDA	CAJA VERDE	CAJA PRIORIDAD
ESCANEO Relación: unidades	T.ING.MANUAL	259.830	87.749	27.850	51.766
	T.ING.SCANNER	3.710.181	1.158.652	332.419	717.892
	T.ING.ENVASES	39.727	14.966	8.411	7.167
	Total escaneo	4.009.738	1.261.367	368.680	776.825
	Promedio por unidad (seg.)	3	3	2	3
COBRO Relación: tickets	T.PAGO_EFECTIVO	987.187	774.082	186.415	216.400
	T.PAGO_NC	15.383	7.497	2.974	4.788
	T.PAGO_OC	224	67	242	240.980
	T.PAGO_TARJETA	1.200.947	516.682	164.955	4.557
	T.GAVETA	1.059.376	808.928	164.991	177.428
	T.CUPON_FISICO	134.129	66.270	15.266	19.889
	Total cobro	3.397.246	2.173.526	534.843	664.042
Promedio por tiquet (seg.)	15	14	12	14	
JORNADA Otros	T.ADMINISTRATIVO	3.400.984	2.177.104	767.909	738.746
	T.BLOQUEADO	1.530.823	757.079	334.481	312.824
	T.RETIRO	19.952	8.157	4.487	4.557
	Total jornada	4.951.759	2.942.340	1.106.877	1.056.127
Promedio por jornada (seg.)	6.464	8.705	9.709	7.284	

Tabla 3 - Resumen tiempo (en segundos) promedio por evento y tipo de caja

Las líneas “Total escaneo”, “Total cobro” y “Total jornada” muestran la suma de cada grupo (en segundos) de los tiempos de todo el mes.

Centrando la atención sobre los dos primeros totales (escaneo y cobro), si se dividen los mismos por la cantidad de unidades y por la cantidad de tickets respectivamente que pasaron por las cajas a lo largo del mes, se obtiene el tiempo promedio de procesamiento necesario por unidad y por ticket. En base al

resultado, se interpreta que un cajero ubicado en una caja común necesitará para atender un cliente 15 segundos (tiempo de cobro) más 3 segundos (tiempo de escaneo) por cada producto que éste adquiriera (ya sea a través de escaneo o con ingreso manual) para ingresarlos al sistema.

Con respecto al grupo Jornada, este merece un tratamiento particular ya que no es posible establecer una relación de los tiempos de este conjunto con ninguna de las dos variables mencionadas en el párrafo anterior (unidades y/o tickets). Por lo tanto se lo asociará a la jornada de cada colaborador. Entonces un cajero en una caja prioridad por ejemplo, ocupa 7.284 segundos de su día laboral en eventos que no corresponden estrictamente al proceso de facturación (esto incluye por ejemplo descansos, realización de otras tareas administrativas, retiros de efectivo de la tesorería, entre otros) .El cálculo de este tiempo será desarrollado más abajo.

A los efectos de poder hacer una comparación entre la eficiencia de la dotación actual y la solución óptima del problema (presentada en la sección 4.6 Síntesis de resultados), se toma para el análisis de la situación inicial la información de la primera semana del mes de julio. De esta manera, se analiza un mes de afluencia promedio y una semana que habitualmente es la que posee el máximo tráfico de clientes del mes. De esta manera se evita que los extremos como meses con escaso o excesivo tráfico de clientes generen distorsiones en las conclusiones (ya que como se dijo anteriormente la dotación es fija la onceava parte del año) y se asegura de poder cubrir el pico de actividad que se presenta durante la primera semana de cada mes.

Con respecto al fraccionamiento del tiempo dentro de cada día, si bien en la realidad los horarios se planifican con ingresos y/o egresos cada 15 minutos a partir de las 8.30 horas, a los fines prácticos se seccionará la jornada laboral en bloques de 30 minutos cada uno (B1, B2,..., B30 en las tablas sucesivas).

Bloq	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30
Hora	8,30	9	9,30	10	10,30	11	11,30	12	12,30	13	13,30	14	14,30	15	15,30	16	16,30	17	17,30	18	18,30	19	19,30	20	20,30	21	21,30	22	22,30	23

Tabla 4. Correspondencia bloques a horas del día.

De este modo el análisis y las conclusiones que se obtendrán aún son útiles para demostrar la metodología. Al mismo tiempo el modelo conservará la flexibilidad para adaptarse a una demanda que presenta un comportamiento sumamente variable en cortos periodos de tiempo. Así, tendremos 30 bloques contados desde las 8.30 hs hasta las 23.30 hs. Cabe destacar que si bien el horario de atención al cliente comienza a las 9.00 hs, es necesario el ingreso de al menos un cajero a las 8.30 hs, para que una vez realizadas las tareas administrativas en tesorería (marcación de ingreso, retiro de fondo, etc.) y operativas en el puesto (ordenamiento y puesta en funcionamiento de la caja) se encuentre preparado para facturar a las 9.00 hs. Además, si bien los cajeros se encuentran en su puesto de trabajo hasta las 23 hs, es necesario destinar un tiempo adicional para el cierre y ordenamiento de la caja y rendición del fondo⁹ en Tesorería.

Para poder estimar la cantidad total de cajeros que se precisan en cada bloque, se define el tiempo de uso de la línea de cajas para cada bloque de 30 minutos, a partir de las 8.30 hs hasta las 23.00 hs. Este cálculo se realiza en Excel, para posteriormente servir de dato de entrada en AIMMS¹⁰, y es el que permite adaptar el modelo a la situación de cada sucursal. Así, frente a una misma demanda de servicios en términos de unidades y tickets, cada tienda tendrá una necesidad de cajeros diferente, en función de sus productividades.

Para poder calcular la necesidad de cajeros (formula 4) se parte del tiempo de uso, explicado a continuación:

$$\textit{Tiempo de uso} = \textit{Subtotal tiempo de uso} + \textit{tiempo de jornada} \textit{ (2)}$$

Pudiéndose expresar como:

$$\textit{Tiempo de uso} = \textit{unidades} * \textit{seg. por unidad} + \textit{tickets} * \textit{seg. por ticket} + \textit{tiempo de jornada}$$

⁹El fondo a rendir incluye todos los valores y comprobantes recibidos durante la jornada como medio de pago de las operaciones.

¹⁰ AIMMS es el software utilizado para la resolución del problema. Es un sistema de software diseñado para modelar y resolver problemas de optimización a gran escala y de tipo de planificación.

Dónde:

Unidades: número de unidades pronosticadas¹¹ en todas las cajas en el transcurso de los 30 minutos de cada bloque.

Seg. por unidad: cantidad de segundos promedio (en base a todas las operaciones registradas durante el mes de julio) que insume el ingreso de una unidad en el sistema (tabla 3).

Tickets: cantidad de clientes pronosticados en todas las cajas en el transcurso de los 30 minutos.

Seg. por ticket: cantidad de segundos promedio (en base a todas las operaciones registradas durante el mes definido) que insume el ingreso de una unidad en el sistema (tabla 3).

Tiempo de jornada: representa todos los tiempos no relacionados a unidades ni a tickets distribuidos en bloques de 30 minutos.

Cabe aclarar que, como se expresa en la fórmula (2), para estimar el *Tiempo de uso* es necesario agregar un paso intermedio para calcular el tiempo de jornada. De esta manera, como se expresó en la fórmula (2), se calculará *Tiempo de uso*, a partir de los 2 primeros términos de la fórmula (1) *Subtotal tiempo de uso* para cada uno de los bloques horarios, ya que son tiempos que se obtienen directamente de los pronósticos de ventas y productividades de cajeros:

$$\text{Subtotal tiempo de uso} = \text{unidades} * \text{seg. por unidad} + \text{tickets} * \text{seg. por ticket} \quad (3)$$

Una vez calculado *Subtotal tiempo de uso* (en segundos) para cada uno de los bloques, se calcula la cantidad de cajeros que representan ese tiempo requerido como:

¹¹ Si bien en la aplicación práctica tanto unidades como tickets deben ser pronosticados, en el presente trabajo se toman los datos históricos.

$$\text{Necesidad de cajeros} = \frac{\text{Tiempo de uso}}{1800} \quad (4)$$

donde el denominador resulta de multiplicar 60 (para expresarlo en minutos) por 30 (que son los minutos que atenderá cada cajero en un bloque).

Ya conocida la cantidad de cajeros necesarios se está en condiciones de determinar cuánto tiempo de jornada¹² es necesario adicionar a *Subtotal tiempo de uso* para llegar a *Tiempo de uso*, multiplicando la necesidad de cajeros por el tiempo de jornada de cada bloque.

Por ejemplo, la tabla 5 muestra el cálculo de necesidad de cajeros para 3 bloques.

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	
1	Tickets pronosticados	61	79	95
	<i>Seg. por ticket: 15</i>			
2	Tiempo total tickets	915	1185	1425
3	Unidades pronosticadas	1126	1407	2024
	<i>Seg. por unidad: 3</i>			
4	Tiempo total unidades	3378	4221	6072
5	Subtotal Tiempo de uso	4293	5406	7497
6	Subtotal necesidad de cajeros	3	4	5
	<i>Seg. por jornada: 404</i>			
7	Tiempo total jornada	1212	1616	2020
8	Tiempo de uso	5505	7022	9517
9	Necesidad de cajeros	4	4	6

Ilustración 5. Cálculo de la necesidad de cajeros.

Así, en el bloque 1 de acuerdo a la cantidad de tickets y unidades pronosticados (líneas 1 y 3) el *Subtotal tiempo de uso* es de 4293 segundos (línea 5) que equivale a 3 cajeros (línea 6). Dado que el tiempo de jornada para cada cajero es de 404 segundos, a *Subtotal tiempo de uso* hay que agregarle 1212 segundos correspondientes a los 3 cajeros. *Tiempo de uso* surge de adicionar los tiempos de las líneas 5 y 7. Como se explicó en párrafos precedentes, la línea 5 (*Subtotal tiempo de uso*) es sólo un paso intermedio para poder calcular la línea 8

¹² El tiempo de jornada es un tiempo fijo que resulta de reagrupar todos los tiempos incluidos en la clasificación jornada del mes de julio, dividido por la cantidad total de bloques trabajados en el mismo mes.

(*Tiempo de uso*), y no es considerada para el cálculo de la línea 9 (*Necesidad de cajeros*). Finalmente, dividiendo los 5505 segundos requeridos por 1800 (como se explicó en la fórmula (4)) se obtienen los 4 cajeros necesarios que se muestran en la línea 9.

Por último, es importante resaltar que en el caso de que la necesidad de cajeros estimada (tanto las líneas 6 como 9) supere el total de cajas instaladas, el excedente debe ser trasladado al bloque subsiguiente, ya que en la práctica esto se traduce en espera del cliente en la cola, que no podrá ser atendido en este bloque sino en el siguiente.

Si se calcula la necesidad de cajeros para las cajas comunes de la primera semana de julio, en función a la cantidad de tickets y unidades reales facturados y a las productividades actuales, los resultados para cada bloque horario son los siguientes:

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
LU	1	1	1	1	2	3	4	5	5	6	5	5	4	3	3
MA	1	1	1	1	2	3	3	4	5	4	4	3	4	3	3
MI	1	1	1	2	3	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5
JU	1	1	1	2	2	3	3	5	4	4	5	3	3	2	3
VI	1	1	1	2	3	3	4	5	5	7	7	6	5	4	2
SA	1	1	1	1	2	2	3	2	3	4	3	2	1	2	2
DO	1	1	1	2	3	2	4	5	5	5	5	4	5	4	4

	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30
LU	4	6	5	6	6	6	7	7	8	8	7	6	5	3	1
MA	5	4	6	7	7	8	8	7	8	9	8	8	8	3	1
MI	4	5	4	6	5	5	6	7	9	9	9	10	9	8	4
JU	4	4	5	4	5	5	4	6	5	4	5	5	4	2	1
VI	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7	6	5	5	4	1
SA	3	2	2	2	2	3	4	3	4	4	5	5	4	2	1
DO	5	4	4	5	4	4	4	5	6	6	7	4	5	3	1

Tabla 5. Necesidad de cajeros escenario actual.

Esta información será uno de los datos de entrada del modelo de programación lineal en AIMMS.

4.2 Creación de turnos

Como se mencionó anteriormente, el horario en el cual es necesaria la cobertura de cajeros (de 8.30 hs a 23.30 hs) se fraccionó en 30 bloques de 30 minutos cada uno.

A su vez los cajeros pueden trabajar 8 horas o 5 horas dependiendo del contrato que posean (full time, part time o fin de semana). Entonces, para poder relacionar estas 2 variables se crearon turnos asociados a los bloques.

Dado que los cajeros full time y de fin de semana cumplen jornadas de 8 horas, sus turnos laborales contienen 16 bloques, dentro de los cuales se define el noveno bloque como bloque fijo de descanso. De igual manera, a los cajeros part time les corresponden turnos de 10 bloques ya que su jornada es de 5 horas, y se considera como pausa el sexto bloque.

En función de la cantidad de bloques que debe trabajar cada turno según el tipo de contrato se definen en la tabla 7, también utilizada como dato de entrada para AIMMS, los posibles turnos a los que pueden ser asignados los cajeros. Como se puede observar, existen 36 turnos en total, donde se dedican:

- 15 turnos a cajeros full time y de fin de semana, los cuales pueden asignarse a partir del bloque 1 y hasta el 15, y
- 20 turnos a cajeros part time, los que pueden comenzar entre el bloque 1 y el 21.

Blq	Turnos																																					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36		
F1									F	F	F	F	F	F	F																							
F2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F																								
P1																		P	P	P	P	P	P															
P2																		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
P3																		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
D1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D																							
D2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D																								

Tabla 7. Disponibilidad de cajeros para ser asignados a turnos.

En la tabla se puede interpretar que F2, P2, P3, D1 y D2 no tienen restricciones en cuanto a horarios de trabajo, ya que F2, D1 y D2 están asignados a los 15 posibles turnos que pueden trabajar los cajeros full time y fin de semana, y P2 y P3 a los 20 posibles turnos de los cajeros part time. Sin embargo, F1 está asignado a partir del turno 9 ya que éste está disponible a partir de las 12.30 hs, y como se observa en la tabla 4, los turnos que comienzan a partir de esa hora están numerados a partir del 9. De igual manera, P1, solo puede trabajar hasta las 16 hs, por lo tanto el último turno al que puede ser asignado es el 21 que finaliza exactamente a las 16 hs. La información contenida en la tabla 8 corresponde al conjunto $CATU^{14}$ que se desarrollará en la sección 4.3 Notación y definición del modelo.

La última tabla de entrada de datos al sistema incluye la información de la disponibilidad de cajeros para trabajar en cada día de la semana. Como se muestra, F1, F2, P1, P2 y P3 no tienen limitaciones en cuanto a los días laborales, y D1 y D2 solo trabajan sábados y domingos como su contrato lo indica. El modelo puede asignar libremente el día de descanso semanal que le corresponde a los cajeros full time y part time.

Cajeros	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F1	1	1	1	1	1	1	1
F2	1	1	1	1	1	1	1
P1	1	1	1	1	1	1	1
P2	1	1	1	1	1	1	1
P3	1	1	1	1	1	1	1
D1						1	1
D2						1	1

Tabla 8. Disponibilidad de cajeros para ser asignados a días.

¹⁴ CATU: conjunto de turnos en los que un cajero puede trabajar.

Es útil destacar que ésta tabla de entrada da la flexibilidad para señalar dentro de la semana laboral, por ejemplo los feriados (donde los cajeros de fin de semana pueden colaborar) o restricciones particulares de ciertos colaboradores. La información de esta tabla corresponde al conjunto CADI¹⁵ a desarrollarse en la sección 4.3 Notación y definición del modelo.

4.3 Notación y definición del modelo

A continuación se definen los conjuntos necesarios para formular el modelo de programación lineal entera mixta general:

- Sea $DIA = \{1, \dots, \bar{d}\}$ los días en los que un cajero puede trabajar
- Sea $CAJ = \{1, \dots, \bar{c}\}$ los cajeros disponibles
- Sea $TUR = \{1, \dots, \bar{t}\}$ los turnos a los que un cajero $c \in CAJ$ puede ser asignado en el día $d \in DIA$
- Sea $BLQ = \{1, \dots, \bar{b}\}$ el conjunto de bloques horarios que existen en los días $d \in DIA$
- Sea $TUP_b = \{1, \dots, \overline{tup}\}$ el subconjunto de turnos que puede atender los bloques $b \in BLQ$ donde $t \in TUR$ si $TUBQ_{b,t} = 1$
- Sea $CFU_{t,d} = CFU = \{1, \dots, \overline{cfut,d}\}$ el conjunto de cajeros full time que pueden tener asignado un turno $t \in TUR$ en los días $d \in DIA$ si $CADI_{c,d} = 1$
- Sea $CPA_{t,d} = CPA = \{1, \dots, \overline{cpat,d}\}$ el conjunto de cajeros part time que pueden tener un asignado un turno $t \in TUR$ en los días $d \in DIA$ si $CADI_{c,d} = 1$
- Sea $CDO_{t,d} = CDO = \{1, \dots, \overline{cdot,d}\}$ el conjunto de cajeros de fin de semana que pueden tener un asignado un turno $t \in TUR$ en los días $d = 1 \in DIA$

¹⁵ CADI: conjunto de cajeros que estará disponible un día determinado.

- Sea $CTO_{t,d} = CTO = CFU_{t,d} + CPA_{t,d} + CDO_{t,d}$ el conjunto total de cajeros que pueden tener un asignado un turno $t \in TUR$ en los días $d \in DIA$ para satisfacer la demanda.

Los parámetros para construir los conjuntos se enuncian a continuación:

- Sea $CADIC,d = CADI = \{0,1\}$ el conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$
- Sea $CATUC,t = CATU = \{1, \dots, \overline{catuc,t}\}$ el conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar
- Sea $TUBQB,t = TUBQ = \{0,1\}$ el conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$

Dónde:

- d : son los días donde un cajero puede trabajar. En el caso de cajeros full time y part time asumirá valores entre lunes a domingo y para los cajeros de fin de semana sábado y domingo.
- t : son los turnos a los que pueden ser asignados los cajeros. En el caso de cajeros full time y fin de semana asumirá valores entre 1 y 15 (que representan 16 bloques) y para los cajeros part time entre 16 y 36 (que representan 10 bloques).
- c : es la cantidad de cajeros disponibles para cada tipo de contrato. En este modelo puede asumir valores entre 1 y 20 para los cajeros full time, entre 1 y 33 para los cajeros part time y entre 1 y 28 para los cajeros de fin de semana (correspondiente a la dotación actual).
- b : son los bloques de 30 minutos en que se divide la actividad total del hipermercado y puede asumir valores entre 1 y 30.

Los **parámetros** del modelo son los siguientes:

- $DEMA_{b,d}$ es la demanda de cajeros en cada bloque $b \in BLQ$ de cada día $d \in DIA$.
- $CCAJ_c$ es el costo de cada cajero $c \in CAJ$. Los valores serán $\{\overline{ccaj_c} = 4800$ si $c \in CFU_{t,d}$, $\overline{ccaj_c} = 2910$ si $c \in CPA_{t,d}$, $\overline{ccaj_c} = 1584$ si $c \in CDO_{t,d}\}$ si en el costo se considera antigüedad o $\{\overline{ccaj_c} = 4128$ si $c \in CFU_{t,d}$, $\overline{ccaj_c} = 2820$ si $c \in CPA_{t,d}$, $\overline{ccaj_c} = 1424$ si $c \in CDO_{t,d}\}$ sin antigüedad.
- $NUMC$ es el número máximo de cajas existentes.

Para definir el modelo, se fijan las siguientes **variables**:

- $ATB_{t,d} = \{0, \dots, \overline{atb_{t,d}}\}$ corresponde a la cantidad de asignaciones del turno $t \in TUR$ al día $d \in DIA$. La variable es entera positiva.
- $ACT_{c,t,d} = \{0, 1\}$ es la asignación del cajero $c \in CAJ$ al turno $t \in TUR$ en el día $d \in DIA$. La variable es binaria.
- $ACP_c = \{0, 1\}$ es la asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana. La variable es binaria.

La **función objetivo** es minimizar el costo total, entendiendo que ésta solución corresponde a la asignación óptima de cajeros (considerando la combinación de los diferentes tipos de contrato y la cantidad de horas que cada uno debe trabajar a los fines de disminuir los tiempos ociosos). En otras palabras, se busca minimizar la suma de los costos de cada cajero según el contrato por la cantidad de cajeros que trabajan durante la semana de estudio.

$$MIN Z = \sum (CCAJ_c * ACP_c) \quad \forall c \in CAJ \quad (5)$$

Expresado de otra manera:

$$MIN Z = 48 \times ACP_{F1} + 48 \times ACP_{F2} + \dots + 48 \times ACP_{F20} + 15.84 \times ACP_{P1} + 15.84 \times ACP_{P2} + \dots + 15.84 \times ACP_{P33} + 29.1 \times ACP_{D1} + 29.1 \times ACP_{D2} + \dots + 29.1 \times ACP_{D28}$$

Las **restricciones** del modelo son las siguientes:

- La suma de los turnos t asociados a un bloque b debe ser mayor o igual a la demanda del bloque b

$$CPEr_{b,d} \rightarrow \sum ATB_{t,d} \geq DEMA_{b,d} \quad \begin{array}{l} \forall d \in DIA \\ \forall b \in BLQ \\ \forall t \in TUP_b \end{array} \quad (6)$$

- La suma de los cajeros c asignados a los turnos t del día d es igual a la suma de los turnos t asignados en el día d

$$ACAT_{t,d} \rightarrow \sum ACT_{c,t,d} = ATB_{t,d} \quad \begin{array}{l} \forall d \in DIA \\ \forall t \in TUR \\ \forall c \in CTO_{t,d} \end{array} \quad (7)$$

- Un cajero c puede ser asignado sólo a un turno t en el día d

$$ACTU_{c,d} \rightarrow \sum ACT_{c,t,d} \leq 1 \quad \begin{array}{l} \forall d \in DIA \\ \forall c \in CAJ \\ \forall t \in TUR \end{array} \quad (8)$$

- Todos los cajeros deben tener 1 día de descanso, es decir la suma de los turnos t asignados a un cajero c deben ser menor o igual a los días laborables menos 1.

$$ACDI_c \rightarrow \sum \sum ACT_{c,t,d} \leq (CARD(DIA) - 1) * ACP_c \quad \begin{array}{l} \forall c \in CAJ \\ \forall t \in TUR \end{array} \quad (9)$$

$CARD(DIA)$: representa la cardinalidad del conjunto

- Las variables deben cumplir las siguientes condiciones:

$$ATB_{t,d} \geq 0$$

$$ACT_{c,t,d} \in \{0,1\}$$

$$ACP_c \in \{0,1\}$$

4.4 Solución inicial

En esta sección se buscará la asignación óptima de recursos considerando las condiciones actuales. De esta manera se muestra la diferencia que existe entre la planificación apoyada en una herramienta objetiva que analiza pronósticos de ventas y datos reales de productividad, y la planificación basada al conocimiento empírico de quien realiza la planificación actual.

Escenario 1. Modelo con costos actuales que incluyen antigüedad promedio y cajeros con contrato de fin de semana asignados a días sábados y domingos.

En este caso, el modelo propone como solución 5 cajeros full time y 11 part time (variable ACP) que como se muestra en la tabla 10, hacen un total de 96 turnos disponibles donde 1 de ellos no ha sido asignado (*para más detalles de tablas de entrada y salida de AIMMS ver Anexo 2*).

Cajero	Turnos trabajados	Tiempo ocioso
F02	6	0
F03	6	0
F07	6	0
F15	6	0
F18	5	1
P02	6	0
P03	6	0
P04	6	0
P06	6	0
P09	6	0
P12	6	0
P16	6	0
P17	6	0
P21	6	0
P30	6	0
P33	6	0
Total Full Time	29	1
Total Part Time	66	0
Total Fin de sem.	0	0
TOTAL	95	1

Tabla 9. Escenario 1: turnos trabajados por cajero.

Si se analiza la carga de trabajo de cada colaborador, es decir la asignación de turnos a los cajeros (variable ACT), se observa que en todos los casos han sido asignados los 6 turnos semanales, excepto para el cajero F18 que sólo se le asignaron 5 turnos. El turno no asignado representa tiempo en el cual el mismo no estará dedicado al proceso de facturación. Este tiempo ocioso representa un 1,1% del total de turnos asignados o 1,4% del total de horas.

Con respecto a la asignación de cajeros a los días de la semana, los únicos días que tienen asignados la totalidad de los cajeros son martes y miércoles, es decir no hay licencias semanales otorgadas estos días (ver tabla a continuación).

CAJERO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
F02	1	1	1	1	1	0	1
F03	1	1	1	1	1	1	0
F07	1	1	1	1	1	0	1
F15	1	1	1	1	1	0	1
F18	0	1	1	1	1	1	0
P02	1	1	1	0	1	1	1
P03	1	1	1	1	0	1	1
P04	1	1	1	0	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	0	1
P09	1	1	1	0	1	1	1
P12	1	1	1	0	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	1	0
P17	1	1	1	1	1	0	1
P21	1	1	1	0	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	0	1
P33	1	1	1	1	1	0	1

Tabla 10. Escenario 1: asignación de cajeros a días.

Por último, el costo laboral total de esta asignación asciende a \$56.010.

4.5 Análisis de post-optimización

A continuación se ensayarán diferentes escenarios, donde las asignaciones de cajeros serán modificadas en función de diferentes supuestos que se adoptarán.

Escenario 2. Modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y cajeros con contrato de fin de semana asignados sábados y domingos.

Como se desarrolló en el apartado 3.4 Costos, los cajeros part time y full time, son relativamente más caros cuando no tienen antigüedad. El escenario 2 pretende analizar el impacto que tiene en la mezcla de cajeros, con la correspondiente correlación en los tiempos ociosos que ésta tendrá, una dotación sin una antigüedad significativa como la del hipermercado tomado como ejemplo.

La solución se expresa en las tablas a continuación (*para más detalles de tablas de entrada y salida de AIMMS ver Anexo 3*):

Cajero	Turnos trabajados	Tiempo ocioso
F01	4	2
F02	6	0
F04	6	0
F06	6	0
F09	6	0
P01	6	0
P02	6	0
P06	6	0
P08	6	0
P10	6	0
P16	6	0
P20	6	0
P24	6	0
P27	6	0
P29	6	0
P33	6	0
Total Full Time	28	2
Total Part Time	66	0
Total Fin de sem.	0	0
TOTAL	94	2

Tabla 11. Escenario 2: turnos trabajados por cajero

En este caso, al igual que en el escenario 1, se proponen 5 cajeros full time y 11 part time (variable ACP), lo que totaliza 96 turnos (variable ACT). A diferencia del escenario anterior se asignan 2 turnos libres.

CAJERO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
F01	1	1	1	1	0	0	0
F02	1	1	1	1	1	0	1
F04	1	1	1	1	1	0	1
F06	1	1	1	0	1	1	1
F09	1	1	1	1	1	1	0
P01	1	1	1	1	1	0	1
P02	0	1	1	1	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	0	1
P08	1	1	1	1	1	0	1
P10	1	1	1	0	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	0	1
P20	1	1	1	0	1	1	1
P24	1	1	1	1	1	1	0
P27	1	1	1	0	1	1	1
P29	1	1	1	0	1	1	1
P33	1	0	1	1	1	1	1

Tabla 12. Escenario 2: asignación de cajeros a días.

Estos 2 turnos no asignados representan un 2,1% de turnos ociosos, o 2,9% del total de horas. La diferencia de turnos ociosos con respecto al escenario 1 se debe a que se combina de manera diferente la asignación de turnos de cajeros part time, lo que permite liberar un turno de cajero full time. Así como en el escenario 1, el día miércoles continúa siendo el día de mayor asignación de turnos.

Con respecto al costo, ésta solución arroja un total de \$51.660.

Si bien la solución es mejorable en términos de turnos ocupados (95 del escenario 1 contra 94 del escenario 2), es óptima en términos de costos ya que el costo total se ve disminuido como consecuencia de la quita del adicional por antigüedad.

Como conclusión, y en comparación con el escenario 1 se puede decir que:

- En términos de asignación de turnos, el escenario 2 no es aconsejable ya que asigna 1 turno ocioso (8 horas) más que el escenario 1. Aun cuando no es óptimo en términos de asignación de recursos, podría ser útil por ejemplo en momentos donde es necesario destinar recursos a ciertas tareas administrativas fuera de la línea de cajas.

- En este escenario, el costo total disminuye sólo por la reducción en los costos semanales que representa la quita de la antigüedad, ya que la cantidad de recursos asignados no varía (debido a que la demanda no fue alterada). Es decir que desde el punto de vista del costo, sería aconsejable una alta rotación, ya que se reduciría el costo promedio adicional por antigüedad.

Escenario 3. Modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.

Como se observa en los 2 primeros escenarios, los días martes y miércoles son los que muestran la mayor cantidad de turnos asignados, debido a la intensa demanda que se presenta en estos 2 días.

En el escenario 3 se plantea la posibilidad de asignar cajeros de fin de semana como refuerzo a los días martes y miércoles.

La solución propone lo siguiente (*para más detalles de tablas de entrada y salida de AIMMS ver Anexo 4*):

Cajero	Turnos trabajados	Tiempo ocioso
D02	2	0
D18	1	1
F01	6	0
F02	6	0
F06	6	0
F16	6	0
P01	6	0
P03	6	0
P05	6	0
P06	6	0
P12	6	0
P16	6	0
P18	6	0
P19	6	0
P22	6	0
P26	6	0
P31	6	0
Total Full Time	24	0
Total Part Time	66	0
Total Fin de sem.	3	1
TOTAL	87	1

Tabla 13. Escenario 3: turnos trabajados por cajero.

En esta alternativa la solución propone 17 cajeros, donde 4 son full time, 11 part time y 2 de fin de semana (variable ACP), es decir que con respecto al escenario 2 se remplazan cajeros full time por cajeros de fin de semana. Esto representa un total de 88 turnos asignados (variable ACT), de los cuales 1 es ocioso (correspondiente al cajero D18 al que sólo se asignó 1 turno de los 2 que debe realizar). El turno que no ha sido asignado representa un 1,1% del total de turnos o 1,5% sobre el total de horas.

Dado que la demanda permanece inalterada, la solución continúa asignando la mayor cantidad de turnos a los días martes y miércoles.

CAJERO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
D02	0	1	1	0	0	0	0
D18	0	1	0	0	0	0	0
F01	1	0	1	1	1	1	1
F02	1	1	1	1	1	0	1
F06	1	1	1	1	1	1	0
F16	1	1	1	1	1	0	1
P01	1	1	1	1	0	1	1
P03	1	1	1	0	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	1	0
P06	1	1	1	0	1	1	1
P12	1	1	1	0	1	1	1
P16	1	0	1	1	1	1	1
P18	1	1	1	1	1	0	1
P19	1	1	1	0	1	1	1
P22	1	1	1	1	1	0	1
P26	1	1	1	1	1	0	1
P31	1	1	1	1	1	0	1

Tabla 14. Escenario 3: asignación de cajeros a días.

Con respecto al costo total, en ésta alternativa representa \$50.380.

De manera comparativa con los 2 primeros escenarios, éste es el más eficiente en términos de costos y con una asignación de turnos similar a la del escenario 1, presentando ambos el menor porcentaje de tiempo ocioso.

Como conclusión se puede decir que con respecto a:

- El costo, éste es el escenario más eficiente (siempre que no haya antigüedad, de lo contrario el total ascendería a \$54.947). Esto se debe a que, si bien el costo de la hora de los cajeros de fin de semana es más alto que el de los full time, el salario semanal es menor. A su vez, como la

combinación turnos / costos es más eficiente, por haberse asignado 2 cajeros de fin de semana existe mayor flexibilización en la asignación semanal de turnos (ya que los cajeros de fin de semana sólo trabajan 2 días de los 6 totales) permitiendo cubrir picos de demanda en días específicos con cajeros de menor costo.

- La asignación de turnos, no presenta mejoras considerables con respecto al escenario 1. Esto se debe a que la atribución de cajeros de fin de semana en reemplazo de cajeros full time no flexibiliza la asignación de turnos dentro de la jornada, que en ambos contratos son de 8 horas. Por lo tanto habrá 1 día con un excedente de 8 horas que no podrá ser atribuido.

En otras palabras, la incorporación de cajeros de fin de semana a los días de mayor demanda mejora la flexibilidad para la asignar los turnos a la semana pero no los turnos dentro de cada jornada, permitiendo reducir costos pero no mejorar la productividad.

Escenario 4. Modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, sin cajeros full time y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.

En este escenario se intenta ofrecer al modelo la mayor flexibilidad posible, excluyendo del análisis a los cajeros full time, ya que son los que realizan las jornadas diarias más largas en combinación con la mayor cantidad de turnos en la semana. Las tablas que muestran una de las soluciones posibles son las que se presentan debajo (*para más detalles de tablas de entrada y salida de AIMMS ver Anexo 5*):

Cajero	Turnos trabajados	Tiempo ocioso
D03	2	0
D10	2	0
P01	6	0
P02	6	0
P03	6	0
P04	6	0
P05	6	0
P08	6	0
P09	6	0
P10	6	0
P11	6	0
P14	6	0
P17	6	0
P20	6	0
P22	6	0
P24	6	0
P25	6	0
P28	6	0
P30	6	0
P33	6	0
Total Full Time	0	0
Total Part Time	108	0
Total Fin de sem.	4	0
TOTAL	88	0

Tabla 15. Escenario 4: turnos trabajados por cajero.

La solución propone 18 cajeros part time y 2 de fin de semana (variable ACP) como refuerzo en los días martes y miércoles, según lo parametrizado en AIMMS. Los 20 cajeros representan 88 turnos de trabajo que fueron asignados en su totalidad (variable ACT).

El costo total de los 20 cajeros es de \$53.608.

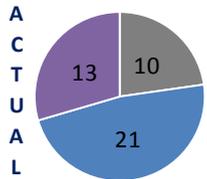
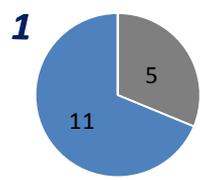
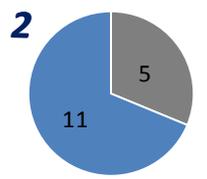
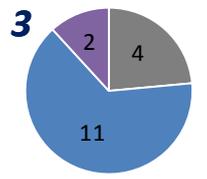
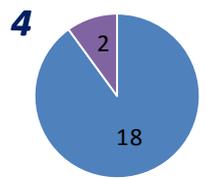
CAJERO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
D03	0	1	1	0	0	0	0
D10	0	1	1	0	0	0	0
P01	1	1	1	1	0	1	1
P02	1	1	1	0	1	1	1
P03	1	1	1	0	1	1	1
P04	1	1	1	0	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	0	1
P08	1	0	1	1	1	1	1
P09	0	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	0	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	0
P14	1	1	1	1	1	0	1
P17	1	1	1	1	1	0	1
P20	1	1	1	1	1	0	1
P22	1	1	1	1	1	1	0
P24	1	1	0	1	1	1	1
P25	1	0	1	1	1	1	1
P28	1	0	1	1	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	0	1
P33	1	1	1	1	1	0	1
Total general	17	17	19	14	17	12	16

Tabla 16. Escenario 4: asignación de cajeros a días.

Si bien la solución no es óptima con respecto al costo, sí lo es en términos de asignación de turnos. El costo aumenta en comparación a los otros escenarios ya que los contratos full time que han sido descartados son relativamente más baratos que el resto (es el costo por hora más bajo sin antigüedad), y como resultado de la flexibilización en la asignación de turnos ésta resulta óptima, ya que al aumentar la participación de contratos con jornadas más cortas (cajeros part time) y menor cantidad de días de trabajo (cajeros de fin de semana) se hace posible adaptar los turnos de trabajo exactamente a la demanda estimada.

4.6 Síntesis de resultados

Lejos de haberse agotado todas las hipótesis posibles para los ensayos de diferentes escenarios, el análisis realizado permite apreciar una estructura actual sobredimensionada. Queda demostrado que con una correcta planificación la dotación, ésta puede reducirse como mínimo 54,5% (escenario 4, ver tabla 18). Además, la fuerza de trabajo actual presenta una alta participación de cajeros full time que la privan de tener la capacidad de adaptación que la demanda altamente oscilante requiere.

Escenario	Contrato	Costo semana	Turnos asignados	Turnos ociosos	Horas ociosas	Var. cajeros vs esc. actual
A C T U A L 	Full Time	48 000	60		370	-
	Part Time	61 110	126		447	-
	Fin de semana	20 592	26		157	-
	Total	129 702	212		973	
73,83%						
1 	Full Time	24 000	29	1	8	-50,0%
	Part Time	32 010	66	-	-	-47,6%
	Fin de semana	-	-	-	-	-
	Total	56 010	95	1	8	-63,6%
1,05% 1,42%						
2 	Full Time	20 640	28	2	16	-50,0%
	Part Time	31 020	66	-	-	-47,6%
	Fin de semana	-	-	-	-	-100,0%
	Total	51 660	94	2	16	-63,6%
2,13% 2,89%						
3 	Full Time	16 512	24	-	-	-60,0%
	Part Time	31 020	66	-	-	-47,6%
	Fin de semana	2 848	3	1	8	-84,6%
	Total	50 380	93	1	8	-61,4%
1,08% 1,47%						
4 	Full Time	-	-	-	-	-100,0%
	Part Time	50 760	108	-	-	-14,3%
	Fin de semana	2 848	4	-	-	-84,6%
	Total	53 608	112	-	-	-54,5%
0,00% 0,00%						

■ Full time ■ Part time ■ Fin de semana

Tabla 17. Síntesis de resultados: costos y turnos asignados.

Los resultados obtenidos en las 4 pruebas demuestran mejoras significativas con respecto a la situación actual, tanto a nivel de costos como en la eficacia de la asignación de turnos y la productividad.

Así, en relación al costo total, en todos los casos la reducción es superior al 57% (hasta un 61%), pasando de \$129.702 de la situación actual a \$56.010 en el escenario menos optimista.

Con respecto a la asignación de turnos, la utilización del modelo de programación lineal permite reducir las horas ociosas, es decir las horas que los cajeros deben cumplir para completar la carga laboral de la semana, pero que no serán afectadas a la facturación, en más de 71 puntos porcentuales en las 4 pruebas realizadas. La optimización se logra en el escenario 4 suprimiendo el conjunto de contratos full time, y afectando todos los turnos a cajeros part time y de fin de semana. De esta manera, el 73% de horas ociosas que existe actualmente se ve reducido a 0%.

Por último, el estudio se completa con el análisis de la productividad. Como se expuso en el apartado 3.6 Medición de tiempos y productividad, la productividad se calcula como:

$$Productividad = \frac{\text{Ítems ingresados}}{\text{Hora}} (1)$$

donde el denominador incluye sólo tiempos de ingreso, cobro y administrativo. Cabe recordar, que dentro del tiempo administrativo se incluyen los tiempos que el cajero se dedica a tareas que no son específicamente la facturación. Es decir, son tiempos dentro de los turnos asignados que se dedicarán a otras tareas por haber una depresión de demanda en un bloque en particular.

Con respecto a los tiempos de ingreso y cobro, estos se suponen constantes en los 4 escenarios, ya que la demanda se mantiene sin alteraciones en todas las pruebas.

En relación a los tiempos administrativos, éstos se ven disminuidos como resultado de que con una menor dotación se atiende el mismo nivel de demanda.

Esto significa que los tiempos no dedicados a la facturación dentro de los turnos asignados se reducen en todos los casos (ver tabla 19). Esta mejora en los tiempos administrativos, frente a una demanda constante, representa una mejora potencial de la productividad superior al 42% en todos los casos, llegando a un 52% en el escenario 3.

En el gráfico 5 se muestra la suma de tiempo ocioso (turnos disponibles y no asignados a un cajero) y tiempo administrativo (tiempos dentro de los turnos asignados que se dedicarán a otras tareas por no haber demanda). Se observa que el escenario 3 resulta ser el recomendable ya que es el que acumula el menor total de tiempo administrativo más ocioso. El escenario 4 por ejemplo, que resulta ser el más eficaz en cuanto a la asignación de turnos ya que no tiene ninguno ocioso, es el más ineficiente en cuanto a tiempos administrativos, ya que es el que muestra la mayor cantidad de tiempos no asignados (o asignados no dedicados a la facturación) no dedicados a la facturación dentro de los turnos asignados. Como consecuencia del importante tiempo administrativo que contiene, es la solución que muestra la menor productividad por hora.



Ilustración 6. Síntesis: tiempo ocioso y administrativo.

En base a los análisis realizados, se recomienda el escenario 3, donde reduciendo la proporción de cajeros full time, asignado refuerzos a los días martes y miércoles y reduciendo la antigüedad se logran mejoras significativas con respecto al escenario actual: mejora de la productividad del 52%, reducción de los tiempos ociosos de 98,62% y disminución del costo laboral en 58,66%.

	Escenario actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
ESCANEO	995.289	995.289	995.289	995.289	995.289
COBRO	228.600	228.600	228.600	228.600	228.600
T.BLOQUEADO	350.870	350.870	350.870	350.870	350.870
T.COBR0 VISA HIPOT	294.692	294.692	294.692	294.692	294.692
T.RETIRO	4.357	4.357	4.357	4.357	4.357
T.ADMINISTRATIVO	772.703	149.393	120.593	91.793	185.393
JORNADA	1.422.621	799.311	770.511	741.711	835.311
TIEMPO TOTAL TRABAJADO	2.646.510	2.023.200	1.994.400	1.965.600	2.059.200
Tiempo ocioso	2.098.290	28.800	57.600	28.800	-
TIEMPO TOTAL DISPONIBLE	4.744.800	2.052.000	2.052.000	1.994.400	2.059.200
PRODUCTIVIDAD	598	870	888	908	847
<i>Var. vs escenario actual</i>		<i>45%</i>	<i>49%</i>	<i>52%</i>	<i>42%</i>

Tabla 18. Síntesis de resultados: tiempos y productividad.

Para cerrar el análisis, en la ilustración 6 se compara la ilustración 4 presentada en el apartado 3.6 Medición de tiempos y productividad, con la solución óptima obtenida en el escenario 3.

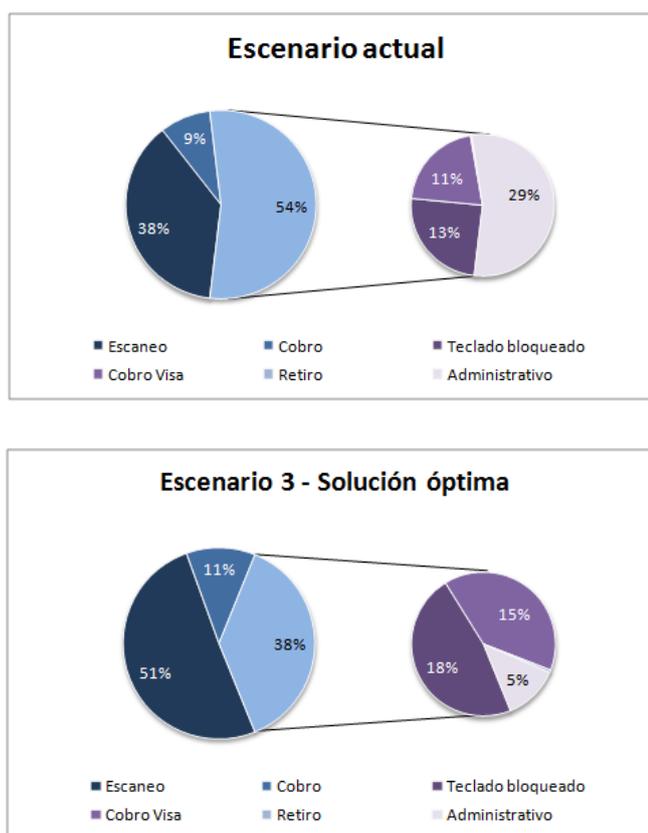


Ilustración 7. Conformación de la jornada: escenario inicial vs solución óptima.

Los gráficos demuestran como al hacer más eficiente la asignación, aumenta la participación del tiempo de escaneo de 38% a 51%, reduciéndose el tiempo administrativo de 29% a 5%.

Diversas son las razones que pueden explicar las diferencias entre la situación actual y el escenario 3.

Causas que afectan el tiempo ocioso.

- la dotación no es flexible para reducir/aumentar cajeros de un mes al otro.
- los refuerzos (cajeros de fin de semana) no se están utilizando de una manera óptima. Actualmente están asignados a sábados y domingos, sin embargo deberían afectarse a los días martes y miércoles.
- la necesidad de cajeros de la situación actual es una estimación, por lo que puede contener un margen de error. En este trabajo el número de cajeros es calculado a partir de la duración en horas de las jornadas efectivamente trabajadas y la cantidad de estas, durante la semana analizada (datos históricos). Como se mencionó anteriormente los cajeros no son asignados permanentemente a un tipo de cajas (en este caso cajas comunes) sino que prima el principio de rotación, incluso durante la misma jornada los cajeros pueden ser asignados a diferentes tipos de cajas.
- todos los tiempos considerados (escaneo, cobro, retiro, etc.) son promedios. Estos tiempos reales podrían impactar en mayor o menor medida de acuerdo al tipo de contrato de que se trate (por las diferentes duraciones de jornada).
- el modelo no considera el otorgamiento de días de descanso en domingos, lo que aumenta la flexibilidad en la asignación de la solución.

Causas que afectan el tiempo administrativo.

- la dotación actual es inflexible con respecto a la duración de las jornadas, lo que quita capacidad de adaptación a los picos de demanda durante el día.

- las unidades y tickets utilizados para para el modelo están ligeramente reducidas con respecto a las unidades reales de la semana bajo estudio, a solicitud del Hipermercado para proteger la información. Sin embargo, no es recomendable afectar el cálculo de cajeros de la situación inicial ya que la relación no es directa entre cajeros y tickets/unidades.

Causas que afectan el tiempo ocioso y administrativo.

- existen fuertes presiones sindicales sobre la administración del personal. En este sentido, por ejemplo se impide reducir las cantidades de cajeros full time, por lo tanto la participación de este tipo de contrato (el más inflexible y menos recomendable) es importante y superior a la deseable. En general se trata de empleados con antigüedades elevadas (promedio de 13 años) que tienen considerables ventajas sindicales (derechos adquiridos con respecto a horarios y días de trabajo, beneficios salariales, etc.).

Por último, la solución del escenario 3 se adapta exactamente a las unidades y tickets pronosticados para cada día y en cada bloque, lo que en la realidad no sucede ya que no hay una herramienta de pronóstico de demanda. Esto hace que aun cuando la planificación es realizada con la mayor excelencia posible, inevitablemente habrá momentos donde la cantidad de cajeros presentes no será adaptada a la demanda real.

C. CIERRE DEL PROYECTO

Conclusiones Finales

Conclusión general

En el presente trabajo se diseñó un modelo teórico de planificación de horarios que permitió hacer eficiente y eficaz el proceso de asignación de turnos y el empleo del tiempo disponible en un Hipermercado, en contraposición de la situación actual donde la planificación de horarios se realiza en base al conocimiento adquirido por quien realiza la tarea. Cabe destacar que el modelo, además de poder ser utilizado en un plano operacional en las tiendas para la planificación de horarios y descansos, también puede ser implementado en el área de Recursos Humano en la Casa Central a nivel táctico, para la definición de la dotación objetivo.

Por medio de la programación lineal se logró establecer la combinación óptima de cajeros que permite reducir la cantidad total de turnos dedicados a la atención del cliente y por ende la minimización del costo laboral. El trabajo de análisis previo sobre el cual se apoya el modelo de programación lineal y que sirve como información de entrada, permite establecer la necesidad de cajeros para la atención al cliente, incorporando información sobre las unidades y tickets a facturar y productividad actual de la dotación. De esta manera es posible que una mejora en la productividad real sea incorporada instantáneamente al modelo como una palanca de optimización en la asignación de recursos.

El modelo se construyó considerando los tipos de contrato disponibles y el costo semanal de cada uno de ellos, la cantidad de horas de trabajo factibles de cada turno en función del tipo de contrato y los descansos semanales obligatorios a otorgar. Es importante señalar que a través de la creación de turnos de atención, el modelo facilita la individualización para cada uno de los cajeros disponibles de condiciones particulares que deban respetarse. Por ejemplo, horarios de comienzo o finalización de la jornada, especificación de días de

trabajo o descanso, bloques especiales de descanso o incluso modificaciones especiales a la duración de la jornada (por ejemplo por una jornada reducida por lactancia). Además permite incorporar fácilmente otros tipos de contratos que presenten duraciones diferentes de jornadas o días de trabajo específicos.

Como resultado, en el mejor escenario, la productividad medida como ítems escaneados por hora se vio incrementada un 42%, y el costo laboral reducido en un 58,9%. Además, los tiempos ociosos no incluidos en el cálculo de la productividad se redujeron un 98,62%.

Como conclusión se puede decir que una situación donde los cajeros tengan niveles bajos de antigüedad y los refuerzos sean asignados correctamente a los días de mayor demanda es la que trae mayores beneficios a nivel de ocupación de horas, aumento de productividad y reducción de costos. Es importante resaltar que una estructura recomendable es aquella que brinda la mayor flexibilidad posible para una adaptación ágil y eficiente frente a los picos y depresiones de la demanda, tanto en los ciclos diarios de atención como en los estacionales.

Trabajos futuros

Se propone como línea de estudio futuro la posibilidad de modelar el problema en su totalidad, es decir incorporando la integridad de tipos de cajas, todos los días hábiles del mes, y agregando la noción de polivalencia de los cajeros para atender en cualquiera de las terminales disponibles.

Así mismo, tendría un valor agregado considerar como parte de la solución del modelo la propuesta del bloque en el cual debe ser otorgado el descanso, de manera de poder concederlos en los momentos de menor demanda de cada turno y no de manera discrecional al momento de parametrizar el problema.

Recomendaciones

Viendo que la sistematización de la planificación trae beneficios teóricos significativos, tanto en los planos de productividad como de costo, se recomienda profundizar en las líneas de estudio de manera de incorporar al modelo la mayor cantidad posible de variables. Una vez enriquecido el modelo se aconseja la implementación en una sucursal como prueba, previa formalización de un procedimiento que explique a los equipos operativos su modo de utilización. Por otra parte es necesario establecer metas objetivas y cuantificables acordes a la tienda, que permitan medir el impacto de la implementación de la herramienta (tiempos destinados a la planificación de horarios, mejoras de productividad y asignación de costos, readecuación de la fuerza de trabajo). Cabe destacar que es de suma importancia la formación, el soporte y seguimiento a los equipos durante la fase de implementación y prueba del modelo. Una vez implementado el piloto, la medición de los resultados y la retroalimentación recibida de la operación será importante para la mejora del modelo y el proceso. Por último, después de finalizada con éxito la fase de prueba y comprobación de resultados se sugiere la documentación formal del proceso para convertirlo en un procedimiento normal implementación progresiva en el resto de las sucursales, cada una con sus metas a alcanzar.

Por otra parte, es importante destacar que la eficiencia de la planificación de horarios reposa fuertemente sobre un correcto pronóstico de demanda. Sería recomendable realizar un análisis de retorno de la inversión en un sistema que permita estimar de una manera más asertiva que la actual las unidades y tickets a atender.

Por último, más allá de la eficiencia en la productividad que se puede lograr con la mejora en la planificación de recursos sobre un proceso actual, es importante continuar reflexionando en la posibilidad de realizar una reingeniería de procesos, es decir en cambios fundamentales que podrían operarse en el proceso de facturación aportando mejora sustanciales. En este sentido es posible explorar alternativas como:

- implementación de fila única en la totalidad de la línea de cajas;
- autoescaneo, en diversas variantes:
 - en línea de cajas. En esta propuesta será necesario la instalación de cajas adaptadas a este propósito, donde el cliente realizará el proceso de facturación integralmente sin la intervención de un cajero. Solo sería necesaria la presencia de un cajero que supervise la totalidad de las cajas y asista a los clientes en eventuales inconvenientes que pudiesen surgir;
 - en el salón de ventas. Para esto es necesaria la implementación de hardware (“scannetes”) que le permitirán al cliente el escaneo de los productos a lo largo de la realización de su compra. Será necesario asegurar la presencia de un cajero en el POS que realizara la lectura de la “scannete”, el cobro y un eventual control de los productos comprados y facturados, en función de la antigüedad del cliente dentro del sistema de autoscanning y el resultado de los controles realizados anteriormente;
 - a través de aplicaciones móviles. En esta opción, el cliente realiza el escaneo de los productos que compra con su teléfono celular, a través de una aplicación móvil. El proceso de pago en la caja podría realizarse por medio de un cajero que escaneará la aplicación móvil del cliente, o gestionada íntegramente por el cliente. En ambos casos, como se propone en el punto precedente, deberán preverse controles aleatorios sobre los productos pagados por el cliente.
- incorporación de trabajadores eventuales para cubrir picos de demanda a lo largo del mes; conservando un grupo reducido de empleados a tiempo indeterminado;
- incorporación de empaquetadores, etc.

Si bien son cambios que van acompañados de dificultades, pueden producir grandes réditos.

Bibliografía

Anderson, D.; Sweeney, D.; Williams, T.; Camm, J.; Martin, K. 2011. *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (11ª edición). Distrito Federal, México. Cengage Learning Editores.

Bravo Carrasco, J. (2011). *Gestión de Procesos (Alineados con la estrategia)*, (Cuarta Edición). Santiago de Chile, Chile. Editorial Evolución S.A.

Cornejo, C., y Mejía, M. (2005). *Formulación de un modelo de programación lineal entera mixta para la planeación de las importaciones en régimen aduanero para una empresa de producción*. Industrial Data Revista de investigación. Lima Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marco.

Harrington H. (1991). *Business Process Improvement - The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, & Competitiveness*. Universidad de Michigan. McGraw-Hill Education.

Hillier, F., Lieberman, G (2002). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mc. Graw. Hill. México. 7ma. Edición.

Hillier, F., Lieberman, G (2000). *Introduction to operations research*. Mc. Graw-Hill. New York. 7th Edition.

Krajewski L., Ritzman L. y Malhotra M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor* (Octava edición). México D.F, Mexico. ISBN 978-970-26-1217-9. Pearson Educación.

Roure J.B., Moñino M. y Rodríguez - Badal M.A. (1996). *La gestión por procesos*. IESE, Universidad de Navarra. Ediciones FOLIO S.A.

Soler Fajardo, F.; Molina Focazzio, F.; Rojas Cortés, L. (2005). *Álgebra lineal y programación lineal: con aplicaciones a ciencias administrativas, contables y financieras con uso de: Derive, O.S.B. y Excel*. Bogotá, Colombia. Ecoe Ediciones.

Modelos de Programación Lineal Entera. Descargado de <https://www-2.dc.uba.ar/materias/io/adicional/ple.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Utilización AIMMS.

El modelo matemático utilizado para la programación en AIMMS es el siguiente:

```
ModelMain_ModeloCajeros {
DeclarationSection Conjuntos {
    Set TUR {
Text: "Turnos";
Index: t;
    }
    Set CAJ {
Text: "Cajeros";
Index: c;
    }
    Set CFU {
IndexDomain: (t,d);
SubsetOf: CAJ;
Text: "Conjunto de Cajeros Full-time y que pueden trabajar los días designados
como 1";
Definition: {
        {c in CAJ| CATU(c,t)="F" and c in CAJ| CADI(c,d)=1}
    }
    Set CPA {
IndexDomain: (t,d);
SubsetOf: CAJ;
Text: "Conjunto de Cajeros Part-time y que pueden trabajar los días designados
como 1";
Definition: {
        {c in CAJ| CATU(c,t)="P" and c in CAJ| CADI(c,d)=1}
    }
    Set CDO {
IndexDomain: (t,d);
SubsetOf: CAJ;
Text: "Conjunto de Cajeros fin de semana y que pueden trabajar los días
designados como 1";
Definition: {
        {c in CAJ| CATU(c,t)="D" and c in CAJ|CADI(c,d)=1}
    }
}
Parameter CADI {
IndexDomain: (c,d);
Text: "Parámetro para saber que cajeros trabajan que día.";
}
StringParameterCATU {
IndexDomain: (c,t);
Text: "Parámetro para saber que cajeros trabajan en qué turnos";
}
Set CTO {
IndexDomain: (t,d);
SubsetOf: CAJ;
Text: "Conjunto total de cajeros para satisfacer la demanda";
Definition : CFU(t,d) + CPA(t,d) + CDO(t,d) ;
}
Set BLQ {
Text: "Bloques";
```

```

Index: b;
    }
    Set TUP {
IndexDomain: b;
SubsetOf: TUR;
Text: "Conjunto de turnos que tiene asociado un número de bloques";
Definition: {
    {t in TUR | TUBQ(b,t)=1}
}
}
ParameterTUBQ {
IndexDomain: (b,t);
Text: "Parametro para asociar los bloques a un turno";
}
Set DIA {
Text: "Días de trabajo";
}
Index: d;
    }
}
DeclarationSectionParametros {
ParameterDEMA {
IndexDomain: (b,d);
Text: "Demanda de cajeros en cada bloque b de cada día d";
}
ParameterCCAJ {
IndexDomain: c;
Text: "Costo de cada cajero";
}
ParameterNUMC {
Text: "Número máximo de cajas";
}
}
DeclarationSectionVariables_del_modelo {
Variable ATB {
IndexDomain: (t,d);
Text: "Asignación turno t a día d (ATB Asignación Turno Bloque)";
Range: integer;
}
Variable ACT {
IndexDomain: (c,t,d);
Text: "Asignación cajero cajero c a turno t en día d (ACT: Asignación
Cajero Turno)";
Range: binary;
}
Variable ACP {
IndexDomain: c;
Text: "Asignación Cajero en la semana (ACP: Asignación Cajero Planificación)";
Range: binary;
}
}
DeclarationSectionRestricciones_del_modelo {
ConstraintCPER {
IndexDomain: (b,d);
Text: "Cantidad de turnos (personal) requerido para satisfacer la
demanda";
Definition: sum(t in TUP(b), ATB(t,d))>=DEMA(b,d);
}
ConstraintACAT {
IndexDomain: (t,d);
Text: "Asignación de un cajero en un turno t al día d";
Definition: sum((c in CTO(t,d)), ACT(c,t,d)) = ATB(t,d);
}
ConstraintACTU {
IndexDomain: (c,d);
Text: "Sólo se puede realizar un turno por día y por cajero";
}
}

```

```

Definition: sum(t , ACT(c,t,d)) <= 1;
}
ConstraintACDI {
IndexDomain: c;
Text: "Un cajero debe descansar un día, máximo trabaja n-1 días de la
planificación.";
Definition: sum((t,d) , ACT(c,t,d)) <= (CARD(DIA)-1)*ACP@;
}
}
DeclarationSectionProblema_Matematico {
Variable MCT {
Text: "función objetivo de minimizar la cantidad de cajeros (MCT:
Minimizar costo total)";
Range: free;
Definition: sum(c, CCAJ@*ACP@);
}
MathematicalProgramMCAJ {
Objective: MCT;
Direction: minimize;
Constraints: AllConstraints;
Variables: AllVariables;
Text: "Problema matemático (MCAJ: Minimizar cajeros)";
Type: Automatic;
}
}
}

```

Cabe destacar que el modelo se desarrolla e ingresa en AIMMS (conjuntos, parámetros, índices, variables, restricciones, función objetivo) sólo una vez y permanece inalterable a lo largo de todas las pruebas realizadas. Es decir que los resultados de cada escenario corresponden a simulaciones realizadas sobre este único desarrollo.

Para obtener los resultados de cada escenario se trabaja con archivos Excel que contienen los datos de entrada, y que son modificados en función de las diversas situaciones que se pretenden demostrar.

Los datos de entrada del modelo son los siguientes:

- Demanda de cajeros: la necesidad de cajeros definida en la sección 4.1 Cálculo de los datos de entrada.
- TUBQ: conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$.
- CATU: conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar.
- CADI: conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$.
- Costo de los cajeros de acuerdo a su tipo de contrato

- Numero de cajas: en todos los casos es 19 (total de cajas comunes instaladas).

Los datos de entrada de cada escenario son detallados en los anexos 2, 3, 4 y 5.

Las tablas de salida del modelo son las siguientes:

- ACT: asignación del cajero $c \in CAJ$ al turno $t \in TUR$ en el día $d \in DIA$. La variable es binaria
- ATB: cantidad de asignaciones del turno $t \in TUR$ al día $d \in DIA$. La variable es entera positiva.
- ACP: asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana. La variable es binaria.

Las tablas de salida de cada escenario también son detalladas en los anexos 2, 3, 4 y 5.

ANEXO 2. Tablas de entrada y salida escenario 1: modelo con costos actuales que incluyen antigüedad promedio y cajeros con contrato de fin de semana asignados a días sábados y domingos.

A continuación se presentan las **tablas de entrada** de datos en AIMMS para el escenario 1.

Demanda de cajeros:

Bloques	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
B01	1	1	1	1	1	1	1
B02	1	1	1	1	1	1	1
B03	1	1	1	1	1	1	1
B04	1	1	2	2	2	1	2
B05	2	2	3	2	3	2	3
B06	3	3	4	3	3	2	2
B07	4	3	4	3	4	3	4
B08	5	4	5	5	5	2	5
B09	5	5	4	4	5	3	5
B10	6	4	4	4	7	4	5
B11	5	4	4	5	7	3	5
B12	5	3	4	3	6	2	4
B13	4	4	4	3	5	1	5
B14	3	3	4	2	4	2	4
B15	3	3	5	3	2	2	4
B16	4	5	4	4	4	3	5
B17	6	4	5	4	4	2	4
B18	5	6	4	5	5	2	4
B19	6	7	6	4	5	2	5
B20	6	7	5	5	5	2	4
B21	6	8	5	5	5	3	4
B22	7	8	6	4	5	4	4
B23	7	7	7	6	5	3	5
B24	8	8	9	5	6	4	6
B25	8	9	9	4	7	4	6
B26	7	8	9	5	6	5	7
B27	6	8	10	5	5	5	4
B28	5	8	9	4	5	4	5
B29	3	3	8	2	4	2	3
B30	1	1	4	1	1	1	1

Tabla 19. Escenario 1. Tabla de entrada: demanda de cajeros

Conjunto TUBQ (conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$):

Bloques	Turnos																																									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36						
B01	1															1																										
B02	1	1														1	1																									
B03	1	1	1													1	1	1																								
B04	1	1	1	1												1	1	1	1																							
B05	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1																						
B06	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1																					
B07	1	1	1	1	1	1	1	1								1		1	1	1	1	1	1																			
B08	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
B09		1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
B10	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
B11	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
B12	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
B13	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B14	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B15	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B16	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
B17		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
B18			1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
B19				1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B20					1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B21						1	1	1	1	1	1	1	1		1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B22							1	1	1	1	1	1	1	1		1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B23								1	1	1	1	1	1	1	1		1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B24									1	1	1	1	1	1	1	1											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B25										1	1	1	1	1	1	1												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B26												1	1	1	1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B27													1	1	1	1																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B28														1	1	1																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B29															1	1																							1	1	1	
B30																1																								1	1	

Tabla 20. Escenario 1. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.

Parámetro CATU (conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar):

Parámetro CADI (conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$):

Cajeros	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01	1	1	1	1	1	1	1
F02	1	1	1	1	1	1	1
F03	1	1	1	1	1	1	1
F04	1	1	1	1	1	1	1
F05	1	1	1	1	1	1	1
F06	1	1	1	1	1	1	1
F07	1	1	1	1	1	1	1
F08	1	1	1	1	1	1	1
F09	1	1	1	1	1	1	1
F10	1	1	1	1	1	1	1
F11	1	1	1	1	1	1	1
F12	1	1	1	1	1	1	1
F13	1	1	1	1	1	1	1
F14	1	1	1	1	1	1	1
F15	1	1	1	1	1	1	1
F16	1	1	1	1	1	1	1
F17	1	1	1	1	1	1	1
F18	1	1	1	1	1	1	1
F19	1	1	1	1	1	1	1
F20	1	1	1	1	1	1	1
P01	1	1	1	1	1	1	1
P02	1	1	1	1	1	1	1
P03	1	1	1	1	1	1	1
P04	1	1	1	1	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	1	1
P07	1	1	1	1	1	1	1
P08	1	1	1	1	1	1	1
P09	1	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	1
P12	1	1	1	1	1	1	1
P13	1	1	1	1	1	1	1
P14	1	1	1	1	1	1	1
P15	1	1	1	1	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	1	1
P17	1	1	1	1	1	1	1
P18	1	1	1	1	1	1	1
P19	1	1	1	1	1	1	1
P20	1	1	1	1	1	1	1
P21	1	1	1	1	1	1	1
P22	1	1	1	1	1	1	1
P23	1	1	1	1	1	1	1
P24	1	1	1	1	1	1	1
P25	1	1	1	1	1	1	1
P26	1	1	1	1	1	1	1
P27	1	1	1	1	1	1	1
P28	1	1	1	1	1	1	1
P29	1	1	1	1	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	1	1
P31	1	1	1	1	1	1	1
P32	1	1	1	1	1	1	1
P33	1	1	1	1	1	1	1
D01						1	1
D02						1	1
D03						1	1
D04						1	1
D05						1	1
D06						1	1
D07						1	1
D08						1	1
D09						1	1
D10						1	1
D11						1	1
D12						1	1
D13						1	1
D14						1	1
D15						1	1
D16						1	1
D17						1	1
D18						1	1
D19						1	1
D20						1	1
D21						1	1
D22						1	1
D23						1	1
D24						1	1
D25						1	1
D26						1	1
D27						1	1
D28						1	1

Tabla 22. Escenario 1. Tabla de entrada: parámetro CADI.

Costo de los cajeros:

Cajeros	Costo/Semana
F01	4800
F02	4800
F03	4800
F04	4800
F05	4800
F06	4800
F07	4800
F08	4800
F09	4800
F10	4800
F11	4800
F12	4800
F13	4800
F14	4800
F15	4800
F16	4800
F17	4800
F18	4800
F19	4800
F20	4800
P01	2910
P02	2910
P03	2910
P04	2910
P05	2910
P06	2910
P07	2910
P08	2910
P09	2910
P10	2910
P11	2910
P12	2910
P13	2910
P14	2910
P15	2910
P16	2910
P17	2910
P18	2910
P19	2910
P20	2910
P21	2910
P22	2910
P23	2910
P24	2910
P25	2910
P26	2910
P27	2910
P28	2910
P29	2910
P30	2910
P31	2910
P32	2910
P33	2910
D01	1584
D02	1584
D03	1584
D04	1584
D05	1584
D06	1584
D07	1584
D08	1584
D09	1584
D10	1584
D11	1584
D12	1584
D13	1584
D14	1584
D15	1584
D16	1584
D17	1584
D18	1584
D19	1584
D20	1584
D21	1584
D22	1584
D23	1584
D24	1584
D25	1584
D26	1584
D27	1584
D28	1584

Tabla 23. Escenario 1. Tabla de entrada: costo de los cajeros.

Las **tablas de salida** de AIMS son las siguientes:

Variable ACT (asignación del cajero $c \in CAJ$ al turno $t \in TUR$ en el día $d \in DIA$, variable binaria):

d		d						
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
c	t							
F02	T11	1						
F02	T13				1			1
F02	T15		1	1		1		
F03	T1				1			
F03	T13	1						
F03	T14					1		
F03	T15		1	1			1	
F07	T6	1						
F07	T8				1			
F07	T14		1	1				
F07	T15					1		1
F15	T11		1	1	1	1		
F15	T13	1						
F15	T14							1
F18	T6		1			1		
F18	T13				1			
F18	T14			1			1	
P02	T16		1					
P02	T32					1		
P02	T33						1	
P02	T35	1						1
P02	T36			1				
P03	T21				1			
P03	T22							1
P03	T33	1						
P03	T34						1	
P03	T35		1	1				
P04	T18						1	
P04	T19			1				
P04	T23		1					
P04	T32	1						
P04	T33							1
P04	T36					1		
P06	T17			1	1			

P06	T18					1		
P06	T21	1	1					
P06	T32							1
P09	T16							1
P09	T18					1		
P09	T22						1	
P09	T34			1				
P09	T36	1	1					
P12	T17		1					
P12	T19					1		
P12	T23							1
P12	T34			1				
P12	T35						1	
P12	T36	1						
P16	T17					1		
P16	T18						1	
P16	T22	1						
P16	T33		1					
P16	T35				1			
P16	T36			1				
P17	T16					1		
P17	T18	1						
P17	T21			1				
P17	T22				1			
P17	T24							1
P17	T34		1					
P21	T16						1	
P21	T19							1
P21	T20			1				
P21	T21					1		
P21	T32	1						
P21	T36		1					
P30	T16	1		1				
P30	T20		1					1
P30	T22					1		
P30	T33				1			
P33	T23	1						
P33	T34		1			1		1
P33	T35			1				
P33	T36				1			

Tabla 24. Escenario 1. Tabla de salida: variable ACT.

Variable ATB (cantidad de asignaciones del turno $t \in \text{TUR}$ al día $d \in \text{DIA}$, variable entera positiva):

d	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
T1				1			
T6	1	1			1		
T8				1			
T11	1	1	1	1	1		
T13	2			2			1
T14		1	2		1	1	1
T15		2	2		2	1	1
T16	1	1	1		1	1	1
T17		1	1	1	1		
T18	1				2	2	
T19			1		1		1
T20		1	1				1
T21	1	1	1	1	1		
T22	1			1	1	1	1
T23	1	1					1
T24							1
T32	2				1		1
T33	1	1		1		1	1
T34		2	2		1	1	1
T35	1	1	2	1		1	1
T36	2	2	2	1	1		

Tabla 25. Escenario 1. Tabla de salida: variable ATB.

Variable ACP (asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana, variable binaria):

c	
F02	1
F03	1
F07	1
F15	1
F18	1
P02	1
P03	1
P04	1
P06	1
P09	1
P12	1
P16	1
P17	1
P21	1
P30	1
P33	1

Tabla 26. Escenario 1. Tabla de salida: variable ACP.

ANEXO 3. Tablas de entrada y salida escenario 2: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y cajeros con contrato de fin de semana asignados sábados y domingos.

A continuación se presentan las **tablas de entrada** de datos en AIMMS para el escenario 2.

Demanda de cajeros:

Bloques	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
B01	1	1	1	1	1	1	1
B02	1	1	1	1	1	1	1
B03	1	1	1	1	1	1	1
B04	1	1	2	2	2	1	2
B05	2	2	3	2	3	2	3
B06	3	3	4	3	3	2	2
B07	4	3	4	3	4	3	4
B08	5	4	5	5	5	2	5
B09	5	5	4	4	5	3	5
B10	6	4	4	4	7	4	5
B11	5	4	4	5	7	3	5
B12	5	3	4	3	6	2	4
B13	4	4	4	3	5	1	5
B14	3	3	4	2	4	2	4
B15	3	3	5	3	2	2	4
B16	4	5	4	4	4	3	5
B17	6	4	5	4	4	2	4
B18	5	6	4	5	5	2	4
B19	6	7	6	4	5	2	5
B20	6	7	5	5	5	2	4
B21	6	8	5	5	5	3	4
B22	7	8	6	4	5	4	4
B23	7	7	7	6	5	3	5
B24	8	8	9	5	6	4	6
B25	8	9	9	4	7	4	6
B26	7	8	9	5	6	5	7
B27	6	8	10	5	5	5	4
B28	5	8	9	4	5	4	5
B29	3	3	8	2	4	2	3
B30	1	1	4	1	1	1	1

Tabla 27. Escenario 2. Tabla de entrada: demanda de cajeros.

Conjunto TUBQ (conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$):

Bloques	Turnos																																								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36					
B01	1															1																									
B02	1	1														1	1																								
B03	1	1	1													1	1	1																							
B04	1	1	1	1												1	1	1	1																						
B05	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1																					
B06	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1																				
B07	1	1	1	1	1	1	1	1								1		1	1	1	1	1	1																		
B08	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1		1	1	1	1	1	1																	
B09		1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1		1	1	1	1	1	1																
B10	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
B11	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
B12	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
B13	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
B14	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B15	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B16	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
B17		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
B18			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
B19				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B20					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B21						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B22							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B23								1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B24									1	1	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B25										1	1	1	1	1	1	1											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B26											1	1	1	1	1	1												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B27												1	1	1	1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B28													1	1	1	1															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B29														1	1																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B30															1																		1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 28. Escenario 2. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.

Parámetro CATU (conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar):

Parámetro CADI (conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$):

Cajeros	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01	1	1	1	1	1	1	1
F02	1	1	1	1	1	1	1
F03	1	1	1	1	1	1	1
F04	1	1	1	1	1	1	1
F05	1	1	1	1	1	1	1
F06	1	1	1	1	1	1	1
F07	1	1	1	1	1	1	1
F08	1	1	1	1	1	1	1
F09	1	1	1	1	1	1	1
F10	1	1	1	1	1	1	1
F11	1	1	1	1	1	1	1
F12	1	1	1	1	1	1	1
F13	1	1	1	1	1	1	1
F14	1	1	1	1	1	1	1
F15	1	1	1	1	1	1	1
F16	1	1	1	1	1	1	1
F17	1	1	1	1	1	1	1
F18	1	1	1	1	1	1	1
F19	1	1	1	1	1	1	1
F20	1	1	1	1	1	1	1
P01	1	1	1	1	1	1	1
P02	1	1	1	1	1	1	1
P03	1	1	1	1	1	1	1
P04	1	1	1	1	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	1	1
P07	1	1	1	1	1	1	1
P08	1	1	1	1	1	1	1
P09	1	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	1
P12	1	1	1	1	1	1	1
P13	1	1	1	1	1	1	1
P14	1	1	1	1	1	1	1
P15	1	1	1	1	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	1	1
P17	1	1	1	1	1	1	1
P18	1	1	1	1	1	1	1
P19	1	1	1	1	1	1	1
P20	1	1	1	1	1	1	1
P21	1	1	1	1	1	1	1
P22	1	1	1	1	1	1	1
P23	1	1	1	1	1	1	1
P24	1	1	1	1	1	1	1
P25	1	1	1	1	1	1	1
P26	1	1	1	1	1	1	1
P27	1	1	1	1	1	1	1
P28	1	1	1	1	1	1	1
P29	1	1	1	1	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	1	1
P31	1	1	1	1	1	1	1
P32	1	1	1	1	1	1	1
P33	1	1	1	1	1	1	1
D01						1	1
D02						1	1
D03						1	1
D04						1	1
D05						1	1
D06						1	1
D07						1	1
D08						1	1
D09						1	1
D10						1	1
D11						1	1
D12						1	1
D13						1	1
D14						1	1
D15						1	1
D16						1	1
D17						1	1
D18						1	1
D19						1	1
D20						1	1
D21						1	1
D22						1	1
D23						1	1
D24						1	1
D25						1	1
D26						1	1
D27						1	1
D28						1	1

Tabla 30. Escenario 2. Tabla de entrada: parámetro CADI.

Costo de los cajeros:

Cajeros	Costo/Semana
F01	4128
F02	4128
F03	4128
F04	4128
F05	4128
F06	4128
F07	4128
F08	4128
F09	4128
F10	4128
F11	4128
F12	4128
F13	4128
F14	4128
F15	4128
F16	4128
F17	4128
F18	4128
F19	4128
F20	4128
P01	2820
P02	2820
P03	2820
P04	2820
P05	2820
P06	2820
P07	2820
P08	2820
P09	2820
P10	2820
P11	2820
P12	2820
P13	2820
P14	2820
P15	2820
P16	2820
P17	2820
P18	2820
P19	2820
P20	2820
P21	2820
P22	2820
P23	2820
P24	2820
P25	2820
P26	2820
P27	2820
P28	2820
P29	2820
P30	2820
P31	2820
P32	2820
P33	2820
D01	1424
D02	1424
D03	1424
D04	1424
D05	1424
D06	1424
D07	1424
D08	1424
D09	1424
D10	1424
D11	1424
D12	1424
D13	1424
D14	1424
D15	1424
D16	1424
D17	1424
D18	1424
D19	1424
D20	1424
D21	1424
D22	1424
D23	1424
D24	1424
D25	1424
D26	1424
D27	1424
D28	1424

Tabla 31. Escenario 2. Tabla de entrada: costo de los cajeros.

Las **tablas de salida** de AIMS son las siguientes:

Variable ACT (asignación del cajero $c \in CAJ$ al turno $t \in TUR$ en el día $d \in DIA$, variable binaria):

d c t		d						
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01	T4				1			
F01	T14	1						
F01	T15		1	1				
F02	T13	1	1		1			
F02	T15			1		1		1
F04	T1				1			
F04	T7		1					
F04	T11	1		1		1		
F04	T13							1
F06	T7	1						
F06	T13		1					
F06	T14					1		1
F06	T15			1			1	
F09	T8				1			
F09	T13	1						
F09	T14			1			1	
F09	T15		1			1		
P01	T17	1		1				
P01	T18					1		
P01	T20							1
P01	T36		1		1			
P02	T16					1		
P02	T18						1	
P02	T19							1
P02	T32				1			
P02	T34		1					
P02	T36			1				
P06	T23					1		1
P06	T33			1				
P06	T35		1		1			
P06	T36	1						

P08	T16							1
P08	T18	1	1					
P08	T19			1				
P08	T32					1		
P08	T35				1			
P10	T19	1				1		
P10	T32							1
P10	T33		1					
P10	T34						1	
P10	T36			1				
P16	T19					1		
P16	T20				1			
P16	T21			1				
P16	T22							1
P16	T32	1						
P16	T36		1					
P20	T16		1	1			1	
P20	T24					1		1
P20	T32	1						
P24	T16	1						
P24	T17		1					
P24	T22				1	1		
P24	T35			1			1	
P27	T23	1						
P27	T33						1	
P27	T34		1	1		1		
P27	T35							1
P29	T20		1	1				
P29	T22						1	
P29	T33							1
P29	T34	1						
P29	T36					1		
P33	T18						1	
P33	T33				1			
P33	T34							1
P33	T35			1				
P33	T36	1				1		

Tabla 32. Escenario 2. Tabla de salida: variable ACT.

Variable ATB (cantidad de asignaciones del turno $t \in \text{TUR}$ al día $d \in \text{DIA}$, variable entera positiva):

d:							
t	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
T1				1			
T4				1			
T7	1	1					
T8				1			
T11	1		1		1		
T13	2	2		1			1
T14	1		1		1	1	1
T15		2	3		2	1	1
T16	1	1	1		1	1	1
T17	1	1	1				
T18	1	1			1	2	
T19	1		1		2		1
T20		1	1	1			1
T21			1				
T22				1	1	1	1
T23	1				1		1
T24					1		1
T32	2			1	1		1
T33		1	1	1		1	1
T34	1	2	1		1	1	1
T35		1	2	2		1	1
T36	2	2	2	1	2		

Tabla 33. Escenario 2. Tabla de salida: variable ATB.

Variable ACP (asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana, variable binaria):

c	
F01	1
F02	1
F04	1
F06	1
F09	1
P01	1
P02	1
P06	1
P08	1
P10	1
P16	1
P20	1
P24	1
P27	1
P29	1
P33	1

Tabla 34. Escenario 2. Tabla de salida: variable ACP.

ANEXO 4. Tablas de entrada y salida escenario 3: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.

A continuación se presentan las **tablas de entrada** de datos en AIMMS para el escenario 3.

Demanda de cajeros:

Bloques	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
B01	1	1	1	1	1	1	1
B02	1	1	1	1	1	1	1
B03	1	1	1	1	1	1	1
B04	1	1	2	2	2	1	2
B05	2	2	3	2	3	2	3
B06	3	3	4	3	3	2	2
B07	4	3	4	3	4	3	4
B08	5	4	5	5	5	2	5
B09	5	5	4	4	5	3	5
B10	6	4	4	4	7	4	5
B11	5	4	4	5	7	3	5
B12	5	3	4	3	6	2	4
B13	4	4	4	3	5	1	5
B14	3	3	4	2	4	2	4
B15	3	3	5	3	2	2	4
B16	4	5	4	4	4	3	5
B17	6	4	5	4	4	2	4
B18	5	6	4	5	5	2	4
B19	6	7	6	4	5	2	5
B20	6	7	5	5	5	2	4
B21	6	8	5	5	5	3	4
B22	7	8	6	4	5	4	4
B23	7	7	7	6	5	3	5
B24	8	8	9	5	6	4	6
B25	8	9	9	4	7	4	6
B26	7	8	9	5	6	5	7
B27	6	8	10	5	5	5	4
B28	5	8	9	4	5	4	5
B29	3	3	8	2	4	2	3
B30	1	1	4	1	1	1	1

Tabla 35. Escenario 3. Tabla de entrada: demanda de cajeros

Conjunto TUBQ (conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$):

Bloques	Turnos																																									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36						
B01	1															1																										
B02	1	1														1	1																									
B03	1	1	1													1	1	1																								
B04	1	1	1	1												1	1	1	1																							
B05	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1																						
B06	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1																					
B07	1	1	1	1	1	1	1	1								1		1	1	1	1	1	1																			
B08	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1		1	1	1	1	1	1																		
B09		1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1		1	1	1	1	1	1																	
B10	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
B11	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
B12	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
B13	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
B14	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
B15	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B16	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B17		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B18			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B19				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B20					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B21						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B22							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B23								1	1	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B24									1	1	1	1	1	1	1	1											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B25										1	1	1	1	1	1	1												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B26											1	1	1	1	1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B27												1	1	1	1	1																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B28													1	1	1	1																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B29														1	1																									1	1	1
B30																1																									1	1

Tabla 36. Escenario 3. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.

Parámetro CATU (conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar):

Parámetro CADI (conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$):

Cajeros	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01	1	1	1	1	1	1	1
F02	1	1	1	1	1	1	1
F03	1	1	1	1	1	1	1
F04	1	1	1	1	1	1	1
F05	1	1	1	1	1	1	1
F06	1	1	1	1	1	1	1
F07	1	1	1	1	1	1	1
F08	1	1	1	1	1	1	1
F09	1	1	1	1	1	1	1
F10	1	1	1	1	1	1	1
F11	1	1	1	1	1	1	1
F12	1	1	1	1	1	1	1
F13	1	1	1	1	1	1	1
F14	1	1	1	1	1	1	1
F15	1	1	1	1	1	1	1
F16	1	1	1	1	1	1	1
F17	1	1	1	1	1	1	1
F18	1	1	1	1	1	1	1
F19	1	1	1	1	1	1	1
F20	1	1	1	1	1	1	1
P01	1	1	1	1	1	1	1
P02	1	1	1	1	1	1	1
P03	1	1	1	1	1	1	1
P04	1	1	1	1	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	1	1
P07	1	1	1	1	1	1	1
P08	1	1	1	1	1	1	1
P09	1	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	1
P12	1	1	1	1	1	1	1
P13	1	1	1	1	1	1	1
P14	1	1	1	1	1	1	1
P15	1	1	1	1	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	1	1
P17	1	1	1	1	1	1	1
P18	1	1	1	1	1	1	1
P19	1	1	1	1	1	1	1
P20	1	1	1	1	1	1	1
P21	1	1	1	1	1	1	1
P22	1	1	1	1	1	1	1
P23	1	1	1	1	1	1	1
P24	1	1	1	1	1	1	1
P25	1	1	1	1	1	1	1
P26	1	1	1	1	1	1	1
P27	1	1	1	1	1	1	1
P28	1	1	1	1	1	1	1
P29	1	1	1	1	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	1	1
P31	1	1	1	1	1	1	1
P32	1	1	1	1	1	1	1
P33	1	1	1	1	1	1	1
D01		1	1				
D02		1	1				
D03		1	1				
D04		1	1				
D05		1	1				
D06		1	1				
D07		1	1				
D08		1	1				
D09		1	1				
D10		1	1				
D11		1	1				
D12		1	1				
D13		1	1				
D14		1	1				
D15		1	1				
D16		1	1				
D17		1	1				
D18		1	1				
D19		1	1				
D20		1	1				
D21		1	1				
D22		1	1				
D23		1	1				
D24		1	1				
D25		1	1				
D26		1	1				
D27		1	1				
D28		1	1				

Tabla 38. Escenario 3. Tabla de entrada: parámetro CADI.

Costo de los cajeros:

Cajeros	Costo/Semana
F01	4128
F02	4128
F03	4128
F04	4128
F05	4128
F06	4128
F07	4128
F08	4128
F09	4128
F10	4128
F11	4128
F12	4128
F13	4128
F14	4128
F15	4128
F16	4128
F17	4128
F18	4128
F19	4128
F20	4128
P01	2820
P02	2820
P03	2820
P04	2820
P05	2820
P06	2820
P07	2820
P08	2820
P09	2820
P10	2820
P11	2820
P12	2820
P13	2820
P14	2820
P15	2820
P16	2820
P17	2820
P18	2820
P19	2820
P20	2820
P21	2820
P22	2820
P23	2820
P24	2820
P25	2820
P26	2820
P27	2820
P28	2820
P29	2820
P30	2820
P31	2820
P32	2820
P33	2820
D01	1424
D02	1424
D03	1424
D04	1424
D05	1424
D06	1424
D07	1424
D08	1424
D09	1424
D10	1424
D11	1424
D12	1424
D13	1424
D14	1424
D15	1424
D16	1424
D17	1424
D18	1424
D19	1424
D20	1424
D21	1424
D22	1424
D23	1424
D24	1424
D25	1424
D26	1424
D27	1424
D28	1424

Tabla 39. Escenario 3. Tabla de entrada: costo de los cajeros.

Las **tablas de salida** de AIMS son las siguientes:

Variable ACT (asignación del cajero $c \in CAJ$ al turno $t \in TUR$ en el día $d \in DIA$, variable binaria):

c	t	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01	T1				1			
F01	T11			1				
F01	T13						1	1
F01	T14					1		
F01	T15	1						
F02	T4				1			
F02	T11	1						
F02	T13		1					
F02	T14			1				
F02	T15					1		1
F06	T6	1						
F06	T14		1		1			
F06	T15			1		1	1	
F16	T8				1			
F16	T11					1		
F16	T13	1	1					
F16	T14			1				
F16	T15							1
P01	T16	1						
P01	T20			1				
P01	T22						1	
P01	T32							1
P01	T33		1					
P01	T36				1			
P03	T18						1	
P03	T21			1				
P03	T22					1		
P03	T32							1
P03	T34	1						
P03	T36		1					
P05	T16						1	
P05	T19	1						
P05	T20				1			
P05	T34		1					
P05	T35			1				
P05	T36					1		

P06	T16		1				
P06	T19						1
P06	T34					1	
P06	T35	1					1
P06	T36			1			
P12	T18	1					
P12	T23					1	
P12	T33		1				1
P12	T35			1			1
P16	T16			1			1
P16	T18						1
P16	T24					1	
P16	T32	1			1		
P18	T17		1				
P18	T18					1	
P18	T33			1			
P18	T34				1		1
P18	T36	1					
P19	T17			1			
P19	T20						1
P19	T32					1	
P19	T34						1
P19	T36	1	1				
P22	T19					1	
P22	T22				1		
P22	T23	1					
P22	T24						1
P22	T34		1	1			
P26	T16					1	
P26	T19			1			
P26	T20		1				
P26	T23						1
P26	T33	1					
P26	T35				1		
P31	T19					1	
P31	T22	1					1
P31	T33				1		
P31	T35		1				
P31	T36			1			
D02	T5		1				
D02	T15			1			
D18	T9		1				

Tabla 40. Escenario 3. Tabla de salida: variable ACT.

Variable ATB (cantidad de asignaciones del turno $t \in \text{TUR}$ al día $d \in \text{DIA}$, variable entera positiva):

d	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
T1				1			
T4				1			
T5		1					
T6	1						
T8				1			
T9		1					
T11	1		1		1		
T13	1	2				1	1
T14		1	2	1	1		
T15	1		2		2	1	2
T16	1	1	1		1	1	1
T17		1	1				
T18	1				1	2	
T19	1		1		2		1
T20		1	1	1			1
T21			1				
T22	1			1	1	1	1
T23	1				1		1
T24					1		1
T32	1			1	1		2
T33	1	2	1	1		1	
T34	1	2	1	1	1	1	1
T35	1	1	2	1		1	1
T36	2	2	2	1	1		

Tabla 41. Escenario 3. Tabla de salida: variable ATB.

Variable ACP (asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana, variable binaria):

c	
F01	1
F02	1
F06	1
F16	1
P01	1
P03	1
P05	1
P06	1
P12	1
P16	1
P18	1
P19	1
P22	1
P26	1
P31	1
D02	1
D18	1

Tabla 42. Escenario 3. Tabla de salida: variable ACP.

ANEXO 5. Tablas de entrada y salida escenario 4: modelo con costos actuales sin considerarse la antigüedad, sin cajeros full time y con cajeros con contrato de fin de semana asignados a los días con mayor demanda estimada.

A continuación se presentan las **tablas de entrada** de datos en AIMMS para el escenario 4.

Demanda de cajeros:

Bloques	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
B01	1	1	1	1	1	1	1
B02	1	1	1	1	1	1	1
B03	1	1	1	1	1	1	1
B04	1	1	2	2	2	1	2
B05	2	2	3	2	3	2	3
B06	3	3	4	3	3	2	2
B07	4	3	4	3	4	3	4
B08	5	4	5	5	5	2	5
B09	5	5	4	4	5	3	5
B10	6	4	4	4	7	4	5
B11	5	4	4	5	7	3	5
B12	5	3	4	3	6	2	4
B13	4	4	4	3	5	1	5
B14	3	3	4	2	4	2	4
B15	3	3	5	3	2	2	4
B16	4	5	4	4	4	3	5
B17	6	4	5	4	4	2	4
B18	5	6	4	5	5	2	4
B19	6	7	6	4	5	2	5
B20	6	7	5	5	5	2	4
B21	6	8	5	5	5	3	4
B22	7	8	6	4	5	4	4
B23	7	7	7	6	5	3	5
B24	8	8	9	5	6	4	6
B25	8	9	9	4	7	4	6
B26	7	8	9	5	6	5	7
B27	6	8	10	5	5	5	4
B28	5	8	9	4	5	4	5
B29	3	3	8	2	4	2	3
B30	1	1	4	1	1	1	1

Tabla 43. Escenario 4. Tabla de entrada: demanda de cajeros.

Conjunto TUBQ (conjunto de bloques $b \in BLQ$ en los que puede ser asignado un turno $t \in TUR$):

Bloques	Turnos																																									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36						
B01	1															1																										
B02	1	1														1	1																									
B03	1	1	1													1	1	1																								
B04	1	1	1	1												1	1	1	1																							
B05	1	1	1	1	1	1										1	1	1	1	1																						
B06	1	1	1	1	1	1	1									1	1	1	1	1	1																					
B07	1	1	1	1	1	1	1	1								1		1	1	1	1	1	1																			
B08	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1	1		1	1	1	1	1	1																		
B09		1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1		1	1	1	1	1	1																	
B10	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
B11	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
B12	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
B13	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
B14	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														
B15	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B16	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B17		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B18			1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B19				1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B20					1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B21						1	1	1	1	1	1	1	1		1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B22							1	1	1	1	1	1	1	1		1					1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B23								1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1													
B24									1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B25										1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B26											1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B27												1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B28													1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B29														1	1							1	1	1	1	1	1	1	1	1												
B30															1							1	1	1	1	1	1	1	1	1												

Tabla 44. Escenario 4. Tabla de entrada: conjunto TUBQ.

Parámetro CATU (conjunto de turnos $t \in TUR$ en los que un cajero $c \in CAJ$ puede trabajar):

Parámetro CADI (conjunto de cajeros $c \in CAJ$ que estará disponible el día $d = 1 \in DIA$):

Cajeros	DIA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
F01							
F02							
F03							
F04							
F05							
F06							
F07							
F08							
F09							
F10							
F11							
F12							
F13							
F14							
F15							
F16							
F17							
F18							
F19							
F20							
P01	1	1	1	1	1	1	1
P02	1	1	1	1	1	1	1
P03	1	1	1	1	1	1	1
P04	1	1	1	1	1	1	1
P05	1	1	1	1	1	1	1
P06	1	1	1	1	1	1	1
P07	1	1	1	1	1	1	1
P08	1	1	1	1	1	1	1
P09	1	1	1	1	1	1	1
P10	1	1	1	1	1	1	1
P11	1	1	1	1	1	1	1
P12	1	1	1	1	1	1	1
P13	1	1	1	1	1	1	1
P14	1	1	1	1	1	1	1
P15	1	1	1	1	1	1	1
P16	1	1	1	1	1	1	1
P17	1	1	1	1	1	1	1
P18	1	1	1	1	1	1	1
P19	1	1	1	1	1	1	1
P20	1	1	1	1	1	1	1
P21	1	1	1	1	1	1	1
P22	1	1	1	1	1	1	1
P23	1	1	1	1	1	1	1
P24	1	1	1	1	1	1	1
P25	1	1	1	1	1	1	1
P26	1	1	1	1	1	1	1
P27	1	1	1	1	1	1	1
P28	1	1	1	1	1	1	1
P29	1	1	1	1	1	1	1
P30	1	1	1	1	1	1	1
P31	1	1	1	1	1	1	1
P32	1	1	1	1	1	1	1
P33	1	1	1	1	1	1	1
D01		1	1				
D02		1	1				
D03		1	1				
D04		1	1				
D05		1	1				
D06		1	1				
D07		1	1				
D08		1	1				
D09		1	1				
D10		1	1				
D11		1	1				
D12		1	1				
D13		1	1				
D14		1	1				
D15		1	1				
D16		1	1				
D17		1	1				
D18		1	1				
D19		1	1				
D20		1	1				
D21		1	1				
D22		1	1				
D23		1	1				
D24		1	1				
D25		1	1				
D26		1	1				
D27		1	1				
D28		1	1				

Tabla 46. Escenario 4. Tabla de entrada: parámetro CADI.

Costo de los cajeros:

Cajeros	Costo/Semana
F01	
F02	
F03	
F04	
F05	
F06	
F07	
F08	
F09	
F10	
F11	
F12	
F13	
F14	
F15	
F16	
F17	
F18	
F19	
F20	
P01	2820
P02	2820
P03	2820
P04	2820
P05	2820
P06	2820
P07	2820
P08	2820
P09	2820
P10	2820
P11	2820
P12	2820
P13	2820
P14	2820
P15	2820
P16	2820
P17	2820
P18	2820
P19	2820
P20	2820
P21	2820
P22	2820
P23	2820
P24	2820
P25	2820
P26	2820
P27	2820
P28	2820
P29	2820
P30	2820
P31	2820
P32	2820
P33	2820
D01	1424
D02	1424
D03	1424
D04	1424
D05	1424
D06	1424
D07	1424
D08	1424
D09	1424
D10	1424
D11	1424
D12	1424
D13	1424
D14	1424
D15	1424
D16	1424
D17	1424
D18	1424
D19	1424
D20	1424
D21	1424
D22	1424
D23	1424
D24	1424
D25	1424
D26	1424
D27	1424
D28	1424

Tabla 47. Escenario 4. Tabla de entrada: costo de los cajeros.

Las **tablas de salida** de AIMS son las siguientes:

Variable ACT (asignación del cajero $c \in \text{CAJ}$ al turno $t \in \text{TUR}$ en el día $d \in \text{DIA}$, variable binaria):

d		d						
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
c	t							
P01	T16	1	1		1			
P01	T31			1				
P01	T33						1	
P01	T36							1
P02	T19	1						
P02	T21		1					
P02	T34						1	
P02	T35			1				1
P02	T36					1		
P03	T20							1
P03	T21	1						
P03	T23						1	
P03	T31					1		
P03	T32			1				
P03	T35		1					
P04	T22						1	1
P04	T23					1		
P04	T34	1						
P04	T35		1	1				
P05	T18							1
P05	T22			1	1	1		
P05	T23	1						
P05	T32		1					
P08	T21			1				
P08	T29				1			
P08	T33					1	1	
P08	T34							1
P08	T36	1						
P09	T17		1				1	
P09	T20					1		
P09	T22							1
P09	T32			1				
P09	T35				1			
P10	T20	1						
P10	T32		1			1		
P10	T35			1				1
P10	T36						1	
P11	T17			1				
P11	T20				1			
P11	T24		1					
P11	T31	1						
P11	T32					1		
P11	T35						1	
P14	T19					1		
P14	T22							1
P14	T32	1			1			
P14	T34		1					
P14	T35			1				

P17	T24	1					
P17	T29				1		
P17	T32						1
P17	T34		1				
P17	T35					1	
P17	T36			1			
P20	T23	1				1	
P20	T25		1				
P20	T32						1
P20	T36			1	1		
P22	T18						1
P22	T19					1	
P22	T23			1			
P22	T25				1		
P22	T31		1				
P22	T32	1					
P24	T23						1
P24	T30					1	
P24	T34				1	1	
P24	T35	1					
P24	T36		1				
P25	T25						1
P25	T34			1			1
P25	T35	1			1		
P25	T36					1	
P28	T16						1
P28	T20				1		
P28	T33	1					
P28	T34						1
P28	T35					1	
P28	T36			1			
P30	T17				1		
P30	T20		1				
P30	T25					1	
P30	T32						1
P30	T34	1		1			
P33	T16					1	1
P33	T19			1			
P33	T31	1					
P33	T33				1		
P33	T34		1				
D03	T1			1			
D03	T13		1				
D10	T13		1				
D10	T15			1			

Tabla 48. Escenario 4. Tabla de salida: variable ACT.

Variable ATB (cantidad de asignaciones del turno $t \in \text{TUR}$ al día $d \in \text{DIA}$, variable entera positiva):

d	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
T1			1				
T13		2					
T15			1				
T16	1	1		1	1	1	1
T17		1	1	1		1	
T18						1	1
T19	1		1		2		
T20	1	1		2	1		1
T21	1	1	1				
T22			1	1	1	1	3
T23	2		1		2	1	1
T24	1	1					
T25		1		1	1		1
T29				2			
T30						1	
T31	2	1	1		1		
T32	2	2	2	1	2		3
T33	1			1	1	2	
T34	2	3	2	1	1	2	2
T35	2	2	4	2	2	1	2
T36	1	1	3	1	2	1	1

Tabla 49. Escenario 4. Tabla de salida: variable ATB.

Variable ACP (asignación del cajero $c \in CAJ$ a la planificación de la semana, variable binaria):

c	
P01	1
P01	1
P02	1
P03	1
P04	1
P05	1
P08	1
P09	1
P10	1
P11	1
P14	1
P17	1
P20	1
P22	1
P24	1
P25	1
P28	1
P30	1
P33	1
D03	1
D10	1

Tabla 50. Escenario 4. Tabla de salida: variable ACP.