

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Análisis y Modelamiento del Problema de Programación de
Personal en El Sector de Ventas al Detalle**

Lorena Maribel Díaz Yambay

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Industrial

Quito
Septiembre de 2008

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería, El Politécnico**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Análisis y Modelamiento del Problema de Programación de
Personal en El Sector de Ventas al Detalle**

Lorena Maribel Díaz Yambay

Ximena Córdova, Ph.D.
Director de la Tesis

Héctor Andrés Vergara, MSc.
Miembro del Comité de Tesis

Patricio Cisneros, MSc.
Miembro del Comité de Tesis

Nombre, título académico*
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, Msc.
Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, septiembre de 2008

© Derechos de autor
Lorena Maribel Díaz Yambay
2008

Agradecimientos

A Dios por haber colmado mi vida de bendiciones y grandes oportunidades.

A mi madre por su apoyo incondicional y por todo el esfuerzo y confianza depositada en mí.

A mis profesores, porque gracias a sus conocimientos, tiempo y experiencia contribuyeron a la realización de este proyecto.

Resumen

Este proyecto mejora la programación de horarios de personal en locales de venta al detalle. Se analizaron datos en tres locales de venta de zapatos de la cadena Payless Shoesource. Se comenzó por recolectar datos operativos sobre el manejo de personal en los tres locales, y se procedió a realizar un análisis del funcionamiento actual de los locales para cubrir con sus necesidades operativas de personal diarias y semanales. Después de realizado el análisis se encontró falencias en la distribución y organización de turnos del personal. En este proyecto se desarrolló una solución de programación de horarios de personal mediante la utilización de algoritmos matemáticos que permiten una mejor distribución de turnos de trabajo del personal para satisfacer las condiciones operativas del local. Adicionalmente, se mejora la organización de personal mediante la utilización de turnos de trabajo justos que respetan horarios de descanso, días libres y, se cubre con los requerimientos operativos del local durante todo el día de trabajo sin violar los contratos de horas que cada trabajador tiene. Los resultados obtenidos permiten a los encargados de planificación menor tiempo en la elaboración de calendarios de trabajo y se satisfacen las condiciones operativas del negocio.

Abstract

This Project improves personnel scheduling management for the retail sector. Data analysis was done in three different shops from the Payless Shoesource. The first step was to collect data related to the planning and scheduling of these shops. Then, it was made an analysis of this information. It was found that managers were not doing a fair schedule for their employees just because the shift patterns were not well assigned to all of them. This project developed a solution for this issue through the use of mathematical algorithms that allow a better arrangement of work schedules and the assignment of personnel to shifts in order to cover demand. Besides, it generated a better personnel management because the human resources are being well used and the program does not violate day off policies of each employee and operative conditions of stores. Workforce allocation was improved without having extra hours of work. A solution was developed for programming personnel's schedules that allows managers to generate workforce schedules in less time and meet the operative requirements of the business.

Tabla de Contenidos

Introducción.....	1
1. Revisión Teórica y Literaria sobre la Programación de Personal	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Programación de Personal.....	3
1.1.2. Programación de personal desde el punto de vista ergonómico.....	4
1.1.2.1. Ritmos Circadianos.....	5
1.1.2.2. Estrés y Fatiga.....	5
1.1.3. Importancia de un Buen Ambiente de Trabajo y su relación con el Bienestar de los Trabajadores.....	7
1.1.4. Factores que Permiten la Creación de un Buen Ambiente de Trabajo ..	9
1.1.4.1. Comunicación.....	9
1.1.4.2. Cinco S	10
1.1.4.3. Mejora de los métodos de trabajo.....	11
1.1.5. Sector de Ventas al Detalle.....	13
1.1.5.1. Historia	13
1.1.5.2. Evolución e Importancia	16
1.1.5.3. Reseña Histórica de Payless Shoesource.....	19
1.1.6. Marco Laboral	20
1.1.7. Organismos Reguladores	21
1.1.7.1. Organización Internacional del Trabajo (OIT).....	21
1.1.7.2. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del Ecuador	23
1.1.7.3. Unión Europea.....	24

1.1.7.4. El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)	24
1.1.7.5. Organización Mundial de Salud (OMS)	25
1.2. Revisión de modelos teóricos de la programación operativa	25
2. El problema de programación de personal.....	32
2.1. Definición del problema.....	32
2.2. Objetivo General	35
2.3. Objetivos Específicos.....	36
2.4. Metodología	36
3. Análisis y descripción de la situación actual de las operaciones en Payless Shoesource	38
3.1. Descripción del negocio de venta de calzado para Payless Shoesource	38
3.2. Definición de las necesidades operativas diarias de los locales de venta de calzado.....	43
3.2.1. Local de calzado ubicado en el Centro Comercial Quicentro Shopping	44
3.2.2. Local de calzado ubicado en el Centro Comercial El Recreo	46
3.2.3. Local de calzado ubicado en el Megamaxi	49
3.3. Análisis del método operativo utilizado actualmente.....	52
4. Definición y aplicación de modelos teóricos para la resolución del problema	53
4.1. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Quicentro Shopping	53
4.1.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones	57
4.1.2. Análisis de Resultados.....	63
4.1.3. Evaluación de los resultados obtenidos.....	64

4.2. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Centro Comercial El Recreo	68
4.2.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones	72
4.2.2. Análisis de Resultados.....	81
4.2.3. Evaluación de los resultados obtenidos	84
4.3. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Megamaxi	87
4.3.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones	91
4.3.2. Análisis de Resultados.....	99
4.3.3. Evaluación de los resultados obtenidos	101
5. Conclusiones y Recomendaciones	106
5.1. Conclusiones.....	106
5.2. Recomendaciones.....	111
BIBLIOGRAFIA	113
ANEXO 1.....	116
Definición de Costos Utilizados	116
ANEXO 2.....	117
Local ubicado en el Centro Comercial Quicentro Shopping	117
ANEXO 3.....	125
Local ubicado en el Centro Comercial El Recreo	125
ANEXO 4.....	145
Local ubicado en Megamaxi de la 6 de Diciembre	145

Índice de Tablas

Tabla N° 1. Clasificación del personal según algoritmo matemático	31
Tabla N° 2 Horario de Funcionamiento Centro Comercial Quicentro Shopping ...	44
Tabla N° 3 Definición de requerimiento operativo para Quicentro	45
Tabla N° 4 Personal y clasificación en Quicentro	45
Tabla N° 5 Horario de Funcionamiento Centro Comercial El Recreo	47
Tabla N° 6. Definición de requerimiento operativo para El Recreo	47
Tabla N° 7 Personal y clasificación para El Recreo	48
Tabla N° 8 Horario de Funcionamiento Megamaxi	49
Tabla N° 9 Definición de requerimiento operativo para Megamaxi	50
Tabla N° 10 Personal y clasificación para Megamaxi	50
Tabla N° 11. Requerimiento Operativo de Personal para El Quicentro	53
Tabla N° 12. Funcionamiento operativo actual tienda Quicentro por semana de trabajo	54
Tabla N° 13 Calendarios de personal utilizado en el Quicentro	55
Tabla N° 14. Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas	55
Tabla N° 15 Requerimiento diario de personal, Quicentro	57
Tabla N° 16 Asignación de fines de semana y días libres para el personal, Quicentro	59
Tabla N° 17 Definición de Turnos	60
Tabla N° 18 Programación de personal para local del Quicentro	61
Tabla N° 19 Solución para Local ubicado en El Quicentro	64
Tabla N° 20 Representación de los resultados encontrados, Quicentro	65
Tabla N° 21 Representación de horario semanal de trabajo para Quicentro	67
Tabla N° 22 Requerimiento Operativo de Personal para El Recreo	68

Tabla N° 23 Funcionamiento operativo actual tienda El Recreo por semana de trabajo	69
Tabla N° 24 Calendarios de personal utilizado en El Recreo	70
Tabla N° 25 Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas.....	70
Tabla N° 26 Requerimiento diario de personal, El Recreo	73
Tabla N° 27 Asignación de fines de semana y días libres, personal Recreo.....	76
Tabla N° 28 Definición de Turnos.....	77
Tabla N° 29 Programación de personal para local de El Recreo,Lunes-Sábado	78
Tabla N° 30 Programación de personal para local de El Recreo, Domingo	78
Tabla N° 31 Solución para Local ubicado en El Recreo, Lunes a Viernes	82
Tabla N° 32 Solución para local ubicado en El Recreo, Sábado.....	82
Tabla N° 33 Solución para local ubicado en El Recreo, Domingo.....	83
Tabla N° 34 Representación de los resultados encontrados para El Recreo, Lunes a Viernes	85
Tabla N° 35 Representación de horario semanal de trabajo para El Recreo	86
Tabla N° 36 Requerimiento Operativo de Personal para El Megamaxi	87
Tabla N° 37 Funcionamiento operativo actual tienda El Recreo por semana de trabajo	88
Tabla N° 38 Calendarios de personal utilizado en el Megamaxi	88
Tabla N° 39 Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas.....	89
Tabla N° 40. Requerimiento diario de personal, Megamaxi	91
Tabla N° 41 Asignación de fines de semana y días libres para el personal, Megamaxi.....	94
Tabla N° 42 Definición de Turnos.....	95
Tabla N° 43 Programación de personal para el Megamaxi, Lunes-Sábado	95

Tabla N° 44. Programación de personal para local de Megamaxi, Domingo	96
Tabla N° 45 Solución para Local ubicado en Megamaxi, Lunes a Viernes	100
Tabla N° 46 Solución para local ubicado en El Megamaxi, Sábado.....	100
Tabla N° 47 Solución para local ubicado en El Megamaxi, Domingo.....	100
Tabla N° 48 Representación de los resultados encontrados para El Megamaxi, Lunes - Viernes	102
Tabla N° 49. Representación de horario semanal de trabajo, Megamaxi.....	103
Tabla N° 50 Representación de horario semanal de trabajo para El Megamaxi	105

Índice de Figuras

Figura N° 1 Sistema de Distribución Payless Shoesource	42
Figura N° 2. Utilización actual del recurso humano, Quicentro	56
Figura N° 3 Utilización actual del recurso humano, El Recreo	71
Figura N° 4 Utilización actual del recurso humano, Megamaxi	90

Introducción

Este proyecto busca realizar un análisis operativo mediante el cual se elaborarán horarios de trabajo que beneficien a los empleados de un local comercial para que los mismos gocen de las mismas ventajas de días libres, garantizándose que las horas de trabajo contratadas por la empresa se cumplan cabalmente en concordancia con las horas trabajadas por cada uno de los empleados. Además, el local podrá cumplir con su requerimiento operativo de personal en las diversas horas del día para atender a sus clientes.

Se necesita generar horarios de trabajo que a su vez contengan turnos que permitan brindar una atención adecuada, considerando que un local comercial abre entre nueve y once horas diarias y necesita personal para cubrir estos requerimientos. Se modelará la administración de los turnos de personal a través del uso de algoritmos matemáticos sencillos y de uso fácil para que los gerentes de cada local puedan administrar en forma más eficiente el recurso humano disponible en sus locales.

Para modelar el comportamiento y la administración del recurso humano de los diferentes locales, se contará con datos proporcionados por los gerentes de cada uno de los tres locales de venta de zapatos que van a ser objeto de estudio. Los datos proporcionados permitirán conocer las condiciones operativas actuales de cada uno de los locales, posterior a este análisis se procederá a crear una propuesta de mejora para el uso del recurso humano, sin olvidar mencionar que lo que se busca además de satisfacer las condiciones operativas del negocio es generar bienestar de

los empleados de las tiendas. En el análisis y modelamiento propuesto se considerará las condiciones operativas iniciales de los locales, luego se procederá a determinar el número mínimo de trabajadores que cada local necesita para satisfacer las condiciones operativas del mismo, esto eventualmente permitirá crear horarios semanales de trabajo en donde constan los respectivos días libres de cada trabajador. Luego, se procederá a asignar cada trabajador a un turno distinto de trabajo para cumplir con el requerimiento operativo del local sin violar la condición de cada trabajador, es decir se cumplirá con las horas contratadas por la empresa sin necesidad de incurrir en horas extras de trabajo.

Los resultados esperados son la generación de horarios de trabajo semanales y cíclicos que brinden ventajas a los trabajadores de los locales, proporcionándoles descansos semanales apropiados y, que se cumplan con las necesidades operativas de los locales los diversos días de atención al cliente a las diferentes horas del día. Además, esto constituirá una ayuda para los gerentes de los locales que podrán realizar sus horarios de personal en forma rápida y efectiva.

El recurso humano, los trabajadores de cualquier tipo de negocio son elementos fundamentales dentro del desarrollo de una empresa, por tal razón la ubicación de personal y la programación de horarios de los trabajadores deben equilibrar el bienestar de los trabajadores con las necesidades operativas del negocio para satisfacer la demanda de público que acude a realizar sus compras en locales de venta al detalle.

1. Revisión Teórica y Literaria sobre la Programación de Personal

1.1. Antecedentes

1.1.1. Programación de Personal

La organización de un horario de trabajo busca establecer diferentes tareas en forma cronológica para alcanzar mayor productividad. Un horario de trabajo contiene una lista de empleados quienes trabajan en forma diaria, semanal o mensual en determinado lugar y es necesario asignarles turnos adecuados para satisfacer las necesidades de los empleados, las tareas del local y a los clientes¹. La programación de personal incluye parámetros fundamentales para el desarrollo de una empresa como son el bienestar de los trabajadores y la utilización adecuada de los recursos disponibles, al mismo tiempo se busca disminuir la ineficiencia y mejorar el servicio al cliente. (Lee, 425)

Según Lee Sang & Marc Schniederjans, autores del libro “Operations Management” existen dos enfoques en lo relacionado a la programación de personal, uno de los más comunes es el alcanzar mayor productividad a través de la organización adecuada del recurso humano, cuidando los inventarios y mejorando las instalaciones utilizadas para el trabajo diario; en cambio existe otro enfoque orientado al servicio que se brinda tanto al cliente externo e interno, puesto que para alcanzar mayor productividad es necesario la creación de un ambiente de trabajo que permita satisfacer las expectativas de los clientes. (Lee y Schniederjans, 424)

¹"Shift work, Definition(s) of", Sloan Work and Family Research, Boston College, 20 Noviembre 2007 <http://wfnetwork.bc.edu/glossary_template.php>

La organización de personal permite que los negocios puedan funcionar de mejor forma. Según diversos estudios y la Firma Consultora Maynard, un negocio debe funcionar de forma que se provea un excelente servicio, reduciendo los costos e incrementando la satisfacción de los empleados, generando un mejor ambiente de trabajo que a su vez compensa las condiciones operativas del negocio. (Kroemer et al, 2006) Una persona a tiempo completo se ve expuesta a mayor número de responsabilidades que los trabajadores a tiempo parcial, los mismos que representan un menor costo y presentan mayor eficiencia en comparación al colaborador a tiempo completo quienes tienen mayor responsabilidad en su trabajo. Sin embargo, todo trabajador está expuesto a contraer enfermedades ocupacionales debido al trabajo excesivo², lo que afecta el desempeño normal de una persona en relación a otras que realizan las mismas actividades.

1.1.2. Programación de personal desde el punto de vista ergonómico

Al realizar un calendario de actividades y de trabajo para varios empleados se deben considerar las implicaciones ergonómicas que esto tiene y como una buena o mala organización puede repercutir en el desempeño normal de un trabajador.

² “Occupational disease”, [Wikipedia Electronic Encyclopedia](http://en.wikipedia.org/wiki/Occupational_illness), 15 Julio 2008 <
http://en.wikipedia.org/wiki/Occupational_illness>

1.1.2.1. Ritmos Circadianos

Desde el punto de vista ergonómico, las actividades que realiza un ser humano se ven reguladas por los ritmos circadianos o ritmos biológicos que son definidos como intervalos regulares de tiempo a los cuales se acostumbra el cuerpo humano, es decir dentro del cuerpo humano existe una especie de “reloj biológico” que regula la realización de diversas actividades del individuo.³

Este reloj se ve afectado especialmente por factores externos como la luz solar, los cambios climáticos entre otros. Estos fenómenos ocasionan cambios en el comportamiento del cuerpo humano y obviamente los hábitos y costumbres de los individuos cambian.

1.1.2.2. Estrés y Fatiga

El estrés se define como un fenómeno fisiológico y psico-biológico que es producido por sobrecarga de actividades en un tiempo determinado de trabajo (Acevedo, 2001). El estrés puede afectar diferentes áreas de la vida del ser humano, actividades como el dormir, comer, salud mental, vida sexual, y relaciones interpersonales se ven perturbadas; un estudio demuestra que 2/3 de los trabajadores pasan preocupados por su trabajo una importante proporción de su tiempo libre (Harding, 2006).

De acuerdo al NIOSH, National Institute of Occupational Health and Safety, se establece que el estrés puede ser producido por factores relacionados al trabajo y éste en conjunto con otros factores externos pueden crear situaciones que atenúen o

³ “Circadian rhythm”, [Wikipedia Electronic Encyclopedia](http://www.msi.umn.edu/~halberg), Halberg Chronobiology Centre, 18 Noviembre 2007 <<http://www.msi.umn.edu/~halberg>>

reduzcan los efectos producidos por este fenómeno. Acevedo en su artículo electrónico realiza un análisis sobre los subtipos de estrés, estableciendo que existen el eustrés y el distrés. El eustrés de acuerdo al análisis del autor se genera cuando el individuo se ve expuesto a situaciones que lo hacen trabajar y el mismo puede establecerse objetivos hasta alcanzar sus metas propuestas, por tanto este tipo de estrés genera satisfacción de autorrealización en el individuo. Por otro lado, el distrés es el fenómeno negativo producido por la incapacidad de un individuo para responder a las actividades que le han sido asignadas, este puede ser contraproducente e inclusive se pueden generar problemas graves de salud y emocionales.

El sistema nervioso recepta estímulos y como respuesta a los mismos, el cerebro libera sustancias bioquímicas que se componen de ACTH y adrenalina, lo que a su vez libera hormonas denominadas cortisol. Estos cambios producen ritmos cardíacos elevados, aceleración respiratoria, contracción muscular, liberación de azúcar desde el hígado a la sangre, dilatación pupilar, y otros efectos que afectan gravemente al desempeño del ser humano. También se originan afecciones psíquicas como: ansiedad, disminución de la autoestima, temor, dificultad para tomar decisiones, aumento del nivel de atención (Acevedo, 2001).

De acuerdo al artículo de Acevedo, la carga excesiva de trabajo puede constituirse en una bomba de tiempo que con el pasar del tiempo puede terminar con la vida de un trabajador. El estrés y la fatiga se han convertido en enfermedades peligrosas y

mortales, ya que diversos factores pueden provocarlas y empeorar la salud del individuo.

1.1.3. Importancia de un Buen Ambiente de Trabajo y su relación con el Bienestar de los Trabajadores

De acuerdo a la revista Ekos en su edición de Diciembre de 2006, el ambiente de trabajo que se genera en una empresa es fundamental para el desarrollo de la misma, además se constituye en una gran motivación para los empleados que laboran para la institución. Los empresarios concuerdan que el buen ambiente de trabajo es el pilar fundamental para alcanzar el éxito de una organización. El crecimiento y desarrollo empresarial se ve medido a través de la motivación y actitud de colaboración de cada uno de sus miembros. En conclusión, un buen ambiente de trabajo genera gente satisfecha con la labor que realiza, además que su satisfacción es transmitida a los clientes y esto se convierte en una cadena en la cual todas las personas involucradas en un negocio se ven beneficiadas, puesto que se sienten contentas y conformes.

“Great Place to Work” es un instituto que reconoce el trabajo de las empresas y hace énfasis en la importancia de generar un buen ambiente de trabajo que beneficie a sus empleados para que las empresas sean más productivas. Según esta organización el recurso más importante dentro de una organización es el capital humano, ya que las personas se convierten en el motor fundamental para una organización, las empresas más exitosas han concentrado sus esfuerzos por crear

un ambiente de trabajo amigable y que permita obtener buenos resultados.(Ekos, 2006)

Según la Oficina Internacional del Trabajo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la productividad se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla. Esto permite establecer que una mejor productividad estará orientada a la mejor utilización de los recursos, y de acuerdo a la revista empresarial Ekos (2006), el factor humano es el recurso más importante de una empresa, por tal motivo debe ser cuidado y considerado antes de la toma de cualquier decisión administrativa que afecte el bienestar de los empleados.

En un informe del año 2005 de la Fundación Europea para el Mejoramiento de las Condiciones de Vida y de Trabajo, de la Unión Europea, Suecia ocupa el segundo lugar en trabajo flexible, después de Letonia. Esta característica particular ha permitido que las empresas mejoren su productividad con trabajadores satisfechos con sus trabajos. Erland Olauson, de la LO (Landsorganisationen, la Unión General de Trabajadores de Suecia), dice que el sistema de horarios flexibles es fruto de la presión de ambos lados, puesto que con esta metodología de trabajo se ven beneficiados tanto los empleados como los empleadores por razones distintas pero que originan una mejor productividad de las empresas suecas.

1.1.4. Factores que Permiten la Creación de un Buen Ambiente de Trabajo

Existen varias herramientas que permiten alcanzar altos estándares de calidad y servicio en el negocio. A continuación se mencionarán algunos factores que intervienen para la toma de decisiones administrativas referentes al manejo de personal y de sus calendarios laborales.

1.1.4.1. Comunicación

El artículo "The rule of six and 20" de la revista Industrial Engineer IE en su publicación del 2006, Vol. 38, expresa que después de varios estudios sobre el manejo de una organización, el factor de comunicación ayuda a mantener la satisfacción del cliente. El flujo de información y la libertad para expresar ideas, opiniones, comentarios y otros dentro de una organización son vitales, el objetivo es generar trabajo en equipo y que el negocio se alimente de los comentarios y/u opiniones de sus empleados.

Las empresas y negocios son capaces de ofrecer una respuesta rápida a sus clientes cuando ellos tienen la correcta información y la procesan en forma eficiente, es decir que si un asociado del negocio presta la ayuda y atención necesaria a sus clientes, la venta será concretada y el beneficio es para el negocio en general. Una organización es un sistema en donde la comunicación es uno de los factores más

importantes, por tal razón debe existir un buen flujo de la misma para que se pueda satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes.

1.1.4.2. Cinco S

Las "5S" es una práctica de calidad ideada en Japón a principios de la década de los 70. Su nombre responde a las iniciales de 5 palabras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, y Shitsuke.⁴

Lo básico es diseñar sistemas que sean fáciles de usar, entender y llevar a cabo con la mayor flexibilidad posible (Lee, 426). Un clima laboral amigable se genera a través de la creación de estándares, respeto hacia las normas establecidas y eliminación de los desperdicios, para lograrlo existen pautas que pueden ser aplicadas de diferente forma de acuerdo a las circunstancias y usando el sentido común.⁵

Seiri (Seleccionar/ Clasificar): Eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios y aprovechar de mejor forma el sitio de trabajo.

Seiton (Ordenar): Estrategia enfocada en crear un ambiente de trabajo eficiente y efectivo, estandarizando cuál es el sitio que corresponde a cada cosa.

Seiso (Limpiar): Mantener el área de trabajo limpia para conservar el buen aspecto y comodidad en el trabajo generando un buen sentido de propiedad en el personal.

⁴ Rovira César, "5 S - Las Cinco S", 01 Diciembre 2008 <www.elprisma.com>

⁵ Ibidem

Seiketsu (*Estandarizar/Mantener*): Estandarizar las mejores prácticas para mantener el orden y la limpieza del área de trabajo.

Shitsuke (*Disciplina*): Realizar el mantenimiento apropiado debe convertirse en un hábito estable que garantice beneficios como la mejora en la productividad gracias a un lugar de trabajo adecuado.

1.1.4.3. Mejora de los métodos de trabajo

Según el Manual del Ingeniero Industrial en su sección sobre mejoras en la productividad⁶, las condiciones operativas de un negocio pueden cambiar constantemente, y la administración de un local deberá estar preparada para responder a estos cambios. La motivación y el buen ánimo son factores fundamentales para establecer un vínculo entre los trabajadores y los clientes, quienes se ven beneficiados debido a una buena actitud de los empleados que laboran en una empresa.

Una cultura de trabajo eficiente y productivo implica una metodología mediante la cual los empleados realicen sus funciones de la mejor forma posible con un nivel de servicio superior a través de la fomentación del trabajo en equipo, lo que conduce a un incremento en la productividad como resultado de diversas prácticas eficientes dentro del negocio (Hodson).

⁶ Hodson, William K. Maynard : Manual del Ingeniero Industrial , México: McGraw-Hill, 1996

De acuerdo a las 5S de Calidad, la Organización mediante el orden y la limpieza logra promover un mejor lugar de trabajo para todos, ya que se consigue más espacio, mayor cooperación y trabajo en equipo, se crea conocimiento del puesto y mayor compromiso y responsabilidad en las tareas asignadas, lo que conduce a crear una mejor imagen como empresa hacia los clientes. Además existen parámetros establecidos para las organizaciones que les permiten mejorar su productividad a su vez que el ambiente de trabajo permite el desarrollo de las actividades en forma eficiente, siendo fundamentales los siguientes parámetros:

Entrenamiento y capacitación a los trabajadores.- La capacitación del personal que trabaja en una empresa es muy importante, puesto que ellos necesitan y deben conocer la importancia de brindar un buen servicio. La motivación es un factor primordial para alcanzar los objetivos del negocio, los seres humanos necesitan ser motivados para realizar de mejor forma sus actividades. El trabajo debe convertirse en una fuente de satisfacción, mas no de monotonía y peor aún de obligación.

Selección de las personas adecuadas para satisfacer expectativas de los clientes.- Se debe asignar las personas con las habilidades adecuadas para realizar el trabajo establecido, cada persona tiene diferentes cualidades y las mismas deben ser aprovechadas y enfocadas para brindar un mejor servicio. En el sector de ventas al detalle es necesario que las personas que trabajan en el local sientan empatía hacia otras personas y estén dispuestas a ayudarles cada vez que sea necesario.

1.1.5. Sector de Ventas al Detalle

El sector de venta al detalle hace referencia a la venta de bienes o servicios directamente a los clientes quienes en la mayor parte de casos acuden a las tiendas o negocios para conseguir los productos que necesitan en pequeñas cantidades⁷.

1.1.5.1. Historia

El desarrollo industrial data desde épocas muy remotas, teniendo su auge durante la revolución industrial francesa en 1789. La producción textil es una de las principales actividades económicas en la historia de la humanidad, estas tareas se remontan al siglo XVII porque se pudo organizar la mano de obra y conseguir que la misma se convierta en un motor económico (Criterios, 35). En el artículo del autor Julio Delgado, “Una historia de centros comerciales” publicado en la revista virtual Inmobiliare Magazine, 2007: N°. 41, se expresa que en Francia en el siglo XIX se utilizaron áreas de terrenos grandes y amplias en las cuales se exhibía diferentes artículos, convirtiéndose esta forma de hacer negocio en lo que se conoce como los grandes almacenes de venta.

Como lo revela el análisis de esta misma publicación, el sector de ventas al detalle existe desde hace muchos años atrás y ha sido sujeto de diversos cambios a través de la historia. Además de acuerdo a la literatura encontrada en el artículo virtual denominado “*The Fascinating History of Shopping Malls*” se describe que la venta al

⁷ Diccionario Enciclopédico Océano Uno, Grupo Editorial Océano, Barcelona, 1992

detalle puede ser llevada a cabo mediante tres medios similares pero con diferentes características⁸:

1. Mercado, que constituye un lugar sencillo en donde compradores y vendedores se interrelacionan entre si y dependiendo del producto los vendedores negocian con los clientes sobre precios de los diversos productos.
2. Tiendas o negocios pequeños aislados unos de otros que ofrecen una variedad de productos, pero que en la mayor parte de casos están bajo la supervisión del encargado del local, es decir no son fácilmente asequibles por los clientes, esto como medida de seguridad para evitar robos y mantener un contacto necesario con todos los clientes, cuando el mismo solicita observar algún producto. También, las compras al detalle pueden ser realizadas de acuerdo a un sistema de auto-servicio, es decir, el cliente puede apreciar claramente al producto, su calidad, forma, etc. Antes de comprarlo.
3. Una de las formas más novedosas de venta al detalle es a través del Internet, ya que los clientes adquieren sus productos y/o servicios a través de este medio que resulta eficiente y económico. Esta es una tendencia que continua creciendo y desarrollándose alrededor del mundo, las personas están interesadas en utilizar la tecnología de forma que las operaciones comerciales sean más sencillas y rápidas. Sin embargo, al igual que en Ecuador, existen un sin número de lugares en los cuales los compradores prefieren salir y apreciar los productos en el lugar de compra. Esto da lugar a la interacción

⁸ Krafft, Manfred; Mantrala, Murali K, "Retailing in the 21st century: current and future trends". New York: Springer Verlag, 2006

entre el cliente interno de una organización y el externo que viene a ser la razón de ser de un negocio.

La venta al detalle es una forma de realizar negocios muy antigua y ha ido evolucionando, tal es así que de acuerdo a los estudios realizados por la Universidad de Connecticut a través de su Centro de Estudios Comerciales, se da a conocer que la evolución de la venta al detalle empezó hace muchos años, pero empezó a formalizarse como centros comerciales a partir de 1920. En este año se construye en Kansas, Missouri, un parqueadero para 400 vehículos con 30 tiendas pequeñas a su alrededor que ofrecían diversos productos⁹. Al menos en Estados Unidos esto constituyó el inicio de los centros comerciales. Actualmente, según estos estudios, el centro comercial más grande de Estados Unidos se encuentra ubicado en Bloomington, Minnesota y es denominado "Mall of America", sin embargo, en toda América el Centro Comercial más grande en extensión territorial se encuentra ubicado en Alberta, Canadá y se denomina "West Edmonton Mall". Según la publicación de la revista Inmobiliare Magazine, los centros comerciales han permitido que el sector de ventas al detalle empiece a tomar mayor formalidad dentro de los diferentes negocios, puesto que se origina una clara definición del negocio, los productos son caracterizados por calidad, precio, tecnología y otros factores importantes y necesarios antes de tomar una decisión de compra. El cliente tiene la posibilidad de evaluar el producto antes de comprarlo.

⁹ "Shopping Center History", American Studies at Eastern Connecticut State University, 28 Noviembre 2007 <<http://www.easternct.edu/depts/amerst/MallsHistory.htm>>

1.1.5.2. Evolución e Importancia

Analistas sobre el comercio al por menor concuerdan que existen un sin número de variables que influyen dentro del sector de ventas al detalle¹⁰, producto, personal, costos, presupuesto operativo, ubicación del local, entre otros. Sin olvidar mencionar que la empresa trabaja con personas de diferente carácter, comportamiento, actitud y aptitud ante los clientes que acuden en busca de un producto, pero que se fijan en el paquete completo que define la experiencia de compra. Como lo expresa Julio Delgado en su artículo electrónico “Una historia de centros comerciales” sobre venta al detalle, la combinación de un buen producto junto a un servicio de calidad serán los que encuentren y satisfagan las necesidades del cliente. Sin embargo, el desafío de un negocio es mantener excelencia en el servicio al cliente y al mismo tiempo disminuir costos operativos¹¹.

Con la evolución de la venta al detalle, también queda manifestada la importancia de los Centros Comerciales, ya que estos se han constituido en un motor económico y social. La ventaja de un centro comercial es que se puede encontrar de todo en un mismo lugar. En Ecuador, el primer centro comercial construido en 1971¹² fue El Centro Comercial Iñaquito (CCI) el primero de Latinoamérica (Criterios, 2006). De acuerdo a una investigación realizada por la Encuestadora Pulso Ecuador en el 2006, se reveló que la mayor parte de compradores en las ciudades prefieren adquirir los artículos que necesitan en centros comerciales, puesto que los mismos

¹⁰ Delgado Julio, “Una historia de centros comerciales”, Inmobiliare Magazine, 01 de octubre de 2007, Nm. 41 <<http://www.inmobiliare.com/>>

¹¹ “Labor Management for the Retail Industry”, Maynard, 10 Agosto 2007, <www.hbmanynard.com>

¹² “El Comercio como factor de desarrollo”, Cámara de Comercio de Quito, 26 Febrero 2007 <<http://www.ccq.org.ec/>>

han crecido y mejorados sus ofertas para satisfacer la demanda masiva de los consumidores que provienen de diferentes ramas sociales, pero que se ven beneficiados por la comodidad que representa realizar compras en un centro comercial, puesto que se pueden encontrar varios artículos de diversa índole en un mismo lugar. Por ejemplo, en Quito, el 57% del total de hogares prefiere realizar sus compras en un centro comercial y el 85% de la clase alta adquiere sus artículos en estos lugares. Según José Ordóñez, director de la consultora Isvos: consultora enfocada hacia las investigaciones socioeconómicas; 1 familia de clase media, de 4 miembros gasta alrededor de 80 dólares mensuales en un centro comercial. (Criterios, 52)

De acuerdo a la publicación de la revista Criterios, Vol. 99 del 2006, los centros comerciales en la ciudad de Quito han tenido un gran auge y según lo demuestran las estadísticas, un alto porcentaje de la población adquiere sus artículos de venta y calzado en centros comerciales. Tal es el caso de El Recreo, ubicado al sur de la ciudad, y que en un mes ha recibido a más de un millón de personas, razón por la cual los dueños de este proyecto decidieron ampliarlo y de esta forma dar acogida a un mayor número de clientes. Un centro comercial está formado básicamente por varias tiendas de diversa índole y negocios pequeños de venta al por menor, y a los cuales acuden un sin número de potenciales clientes¹³.

¹³ “Shopping Center History”, American Studies at Eastern Connecticut State University, 28 Noviembre 2007 <<http://www.easternct.edu/depts/amerst/MallsHistory.htm>>

De acuerdo a la entrevista personal con el Sr. Miguel Cevallos, Gerente de Payless Shoesource para Ecuador, es importante la capacitación dentro del sector de ventas al detalle, ya que es necesario que el personal desarrolle diferentes funciones, es decir que sin importar el horario en el cual trabajen los mismos puedan ofrecer el mismo nivel de servicio esperado por el consumidor final. El servicio no podría ser estandarizado mediante números exactos, pero si puede ser definido por ciertos parámetros que deben ser respetados por todos los colaboradores de una tienda, además, existen pautas básicas que deben ser cumplidas con todos los clientes a pesar de su obiedad, por ejemplo, saludar, informar sobre promociones, ofrecerle ayuda al cliente entre otros¹⁴. Según Patricio Cisneros, profesor de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito 2007, en cualquier organización es necesario entrenar y capacitar al personal e indicarles lo que deben hacer, las situaciones que se pueden presentar y cómo resolverlas. Sin embargo, la experiencia que los mismos adquieran al tratar con diferentes clientes y la actitud que tengan hacia la resolución de conflictos ocasionará que el producto vendido sea entregado con el mejor servicio¹⁵.

Se escogió la venta del calzado al detalle por considerarse que este sector forma parte de los productos manufacturados, siendo este sector uno de los que ha demostrado mayor crecimiento en el 2006 y de acuerdo a una publicación realizada por el programa de Inversiones de Buenos Aires¹⁶ se establece que el sector de

¹⁴ Cevallos, Miguel. Gerente General Payless ShoeSource Maribel Díaz. 20 de Febrero de 2007.

¹⁵ Cisneros Patricio, Profesor Ingeniería Industrial, Gerencia de Servicios, USFQ 2007

¹⁶ “Invertir en Buenos Aires”, BAINVERSIONES, Buenos Aires, Enero 2008

<<http://www.bainversiones.mp.gba.gov.ar/>>

ventas al detalle crecerá en un 8% en países como Chile y Argentina. Además existe un 69% de crecimiento económico centrado en la manufactura en países como India. Además, el mercado de ropa de moda se incrementa cada día, existen nuevas tendencias, modelos, colores y materiales lo que conduce a que los consumidores busquen mercados accesibles con productos de buena calidad y a menor precio. En este sentido el sector de ventas al detalle captura un gran número de clientes.

1.1.5.3. Reseña Histórica de Payless Shoesource

Payless Shoesource es una cadena de tiendas de venta de zapatos al por menor. El propietario de esta firma comercial es Collective Brands Inc.. Payless fue fundada en Topeka, KS en el año de 1956 (Brands Inc.), la misma empezó como una tienda pequeña por iniciativa de dos hermanos. La idea revolucionaria de aquella época fue vender zapatos en un ambiente en el cual el cliente escoja el par que más le agrade a través de la visualización de todos los modelos disponibles en la tienda en ese momento. 50 años más tarde, Payless atiende a millones de clientes en alrededor de 4500 tiendas alrededor del mundo. En Estados Unidos se encuentra posicionada en 50 estados, también en Puerto Rico, España, Islas Vírgenes, Canadá, América Central, Caribe y América del Sur. Según las estadísticas para el 2006, su venta fue de alrededor de 180 millones de pares de zapatos, lo que generó una venta neta de \$2.8 billones de dólares. Desde junio del 2006, la cadena exhibe una nueva imagen con colores distintos que identifican la marca como nueva y mejorada.

Esta cadena de zapatos no solo cuenta con alianzas importantes con otras cadenas de calzado, sino que también tiene diseñadores propios en New York. Algunas de las marcas que forman parte de la cadena Payless son: American Eagle, Airwalk®, American Eagle™, Champion®, Spalding®, Tailwind™, Dexter®, Hannah Montana, Shaquille O'Neal-endorsed Dunkman™ and Dunkman.

1.1.6. Marco Laboral

La Legislación Laboral del Ecuador vigente al 2008, en su capítulo V que trata sobre la duración máxima de la jornada de trabajo, de los descansos obligatorios y de las vacaciones para el Sector Público, establece que

Art. 47.- **De la jornada máxima-** La jornada máxima de trabajo será de ocho horas diarias, de manera que no exceda de cuarenta horas semanales, salvo disposición de la ley en contrario.

Art. 28.- **De la jornada legal de trabajo.-** La jornada diaria de trabajo será de ocho horas efectivas, durante cinco días en cada semana.

Art. 50.- **Límite de jornada y descanso forzosos.-** Las jornadas de trabajo obligatorio no pueden exceder de cinco en la semana, o sea de cuarenta horas hebdomadarias. Los días sábados y domingos serán de descanso forzoso y, si en razón de las circunstancias, no pudiere interrumpirse el trabajo en tales días, se designará otro tiempo igual de la semana para el descanso, mediante acuerdo entre empleador y trabajadores.

Art. 53.- **Descanso semanal remunerado.**- El descanso semanal forzoso será pagado con la cantidad equivalente a la remuneración íntegra, o sea de dos días, de acuerdo con la naturaleza de la labor o industria.

Como se ha visto en los artículos expuestos anteriormente, en el país, no existe una ley que regule la contratación y prestación de servicios de las personas que laboran en tiendas y locales de venta al por menor. Con este trabajo se busca ofrecer diferentes alternativas a los negocios, por ejemplo, la contratación de personas a tiempo completo y tiempo parcial para satisfacer las necesidades operativas del negocio.

1.1.7. Organismos Reguladores

1.1.7.1. Organización Internacional del Trabajo (OIT)

La OIT tiene como misión fundamental cuidar los derechos de los trabajadores y regular las normas laborales vigentes en los diversos países alrededor del mundo¹⁷.

Este organismo internacional en el 2006 hizo convenios y acuerdos con enfoque en diversos ámbitos como la libertad sindical, negociación colectiva, igualdad de trato y oportunidades, eliminación del trabajo forzoso y del trabajo infantil, promoción del empleo y formación profesional, seguridad social, condiciones laborales, administración e inspección del trabajo, prevención de accidentes laborales, entre

¹⁷ “Normas Internacionales del Trabajo”, 5 junio 1957, Organización Internacional del Trabajo, Julio 2007, <<http://www.ilo.org/global/lang--es/index.htm>>

otros. Las normas internacionales del trabajo constituyen una guía para la elaboración de las legislaciones nacionales, de las políticas y las decisiones judiciales, y para los acuerdos que resultan de las negociaciones colectivas.

Este organismo regula el mínimo de horas laborables cada semana, además de las horas adicionales que se deben trabajar en dicho período. Los empleados no deben trabajar más de 40 horas semanales por semana, mientras que un empleado debe trabajar mínimo 2 horas diarias. Los trabajadores tendrán derecho a un período de descanso semanal ininterrumpido de veinticuatro horas, como mínimo, en el curso de cada período de siete días.

Estas leyes obedecen a la declaración de los derechos civiles de 1964 y al tratado de Ginebra firmado en 1957. Este organismo también presenta la definición de los trabajadores tiempo parcial y tiempo completo expuestos a continuación:

“Trabajador a tiempo parcial designa a todo trabajador asalariado cuya actividad laboral tiene una duración normal inferior a la de los trabajadores a tiempo completo en situación comparable, la duración normal de la actividad laboral a la que se hace referencia en el apartado y puede ser calculada semanalmente o en promedio durante un período de empleo determinado y la expresión trabajador a tiempo completo en situación comparable se refiere al trabajador a tiempo completo que tenga el mismo tipo de relación laboral; efectúe o ejerza un tipo de trabajo o de profesión idéntico o similar.”

Según la OIT en su Declaración Relativa a los Principios y Derechos Fundamentales en el trabajo¹⁸ abarca 4 áreas:

¹⁸ “Declaración Relativa a los Principios y Derechos Fundamentales en el trabajo”, 10 Diciembre 2007, <<http://www.ilo.org/dyn/declaris/>>

- La libertad de realizar negociaciones colectivas dentro del ámbito laboral.
- El trabajo forzoso debe ser eliminado, puesto que sería una forma de explotación.
- Se prohíbe el trabajo infantil.
- Eliminar las discriminaciones de cualquier tipo dentro del ambiente laboral.

1.1.7.2. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del Ecuador

Según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social del Ecuador, de acuerdo a su régimen sobre el horario de trabajo los trabajadores deben laborar 8 horas diarias completando como máximo 44 o 48 horas de trabajo semanales. Los descansos deben estar programados para labores continuas con una frecuencia de 30 minutos y si fuesen trabajos que no demanden cotidianidad el descanso será de por lo menos una hora cada cuatro horas de trabajo. Además, de acuerdo a la actividad que los trabajadores realicen se puede extender el horario de trabajo para cubrir las necesidades operativas de los diversos sectores, también al ser situaciones deseables para trabajos que no demanden mayor esfuerzo físico e intelectual. Estas decisiones serán tomadas por los administradores de los negocios considerando los posibles riesgos que la extensión de una jornada de trabajo puede tener, uno de los principales es el decaimiento en el desempeño de las personas, puesto que las

mismas al ser expuestas a largos turnos no mantienen la misma energía durante su jornada de trabajo¹⁹.

1.1.7.3. Unión Europea

De acuerdo a un estudio realizado por la Unión Europea específicamente en Suecia se demuestra que un horario de trabajo de 9 a 5 de la tarde puede resultar agobiante para las personas que tienen otras responsabilidades, por esta razón los horarios de trabajo flexibles le brindan mayores beneficios a los trabajadores (Wiles, 2005). Por otro lado, según estudios ergonómicos realizados, el cuerpo humano se acostumbra a realizar actividades definidas de acuerdo a los ritmos circadianos.

1.1.7.4. El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)

Según el IESS, este organismo no tiene mayor inferencia en las regulaciones de trabajo, ya que según la Constitución actual de la República del Ecuador mediante la Ley de Seguridad Social²⁰ establece que “el IESS tiene la misión de proteger a la población urbana y rural, con relación de dependencia laboral o sin ella, contra las contingencias de enfermedad, maternidad, riesgos del trabajo, discapacidad, cesantía, invalidez, vejez y muerte, en los términos que consagra esta Ley.” Sin embargo, esta ley no establece claramente los riesgos de trabajo o efectos relacionados con el sector de servicios. La fatiga o trabajo excesivo por parte de los trabajadores. La ley se enfoca y contempla los aspectos relacionados a enfermedad

¹⁹ Kroemer Karl et all, Ergonomics: How to design for easy & efficiency, Second edition, NJ: 2003

²⁰ “Ley de Seguridad Social” Art. 17.- misión fundamental < <http://www.dlh.lahora.com.ec/>>

y/o riesgos de trabajo sin hacer énfasis en problemas originados por jornadas excesivas de trabajo y que impacten en la satisfacción de los trabajadores.

1.1.7.5. Organización Mundial de Salud (OMS)

A nivel internacional existen otros organismos que también velan por la salud de los trabajadores tanto públicos como privados, tal es el caso de la OMS, cuyo énfasis se relaciona con temas de salud ocupacional de los empleados y los riesgos y enfermedades que se pueden originar dependiendo de las diferentes industrias. Las enfermedades generalmente han sido relacionadas al esfuerzo físico, sin embargo, en el sector de servicios, también pueden ocurrir complicaciones con la salud de los trabajadores debido a factores como exceso de horas en las jornadas de trabajo, alto tráfico de clientes que atender y otros.

1.2. Revisión de modelos teóricos de la programación operativa

En el ámbito laboral presente existen diferentes mecanismos, programas computacionales como Diagramas de Gantt, Wizard, Project u otros similares que se han diseñado para organizar el trabajo de mejor forma en las diferentes instituciones. Sin embargo, la mayor parte de los mismos están enfocados en organizar tareas y actividades para evitar desperdicios de tiempo, mas no se ha logrado captar el factor humano de forma adecuada, ya que no se toma en consideración factores biológicos y necesidades de todo ser humano. Un programa es diseñado para facilitar la administración de recursos, mas en el sentido lógico deben permitir la creación de

ambientes de trabajo que propicien el desarrollo y satisfacción del recurso humano (Kroemer et al, 2003).

Un negocio presenta diferentes condiciones operativas, por lo que la metodología a seguirse será la siguiente:

1. Determinación del mínimo número de personas requerido para satisfacer las condiciones operativas del negocio.
2. Asignación de los fines de semana libre para todos los colaboradores del negocio, sin importar si los mismos son trabajadores a tiempo completo o a tiempo parcial.
3. Asignación de los días libres de trabajo, para que, un trabajador labore 5 días por semana y tenga dos días libres de descanso que pueden incluir o no el fin de semana.
4. Definición de los horarios de trabajo por día, es decir después de definir los días que cierta persona trabajará, se procederá a definir su jornada de trabajo de forma que se satisfaga las condiciones operativas del negocio y no se incurra en horas extras de trabajo.

A continuación se procederá a realizar una traducción textual del algoritmo para la primera parte del problema que consiste en determinar el número adecuado de empleados para satisfacer las condiciones operativas del negocio y, asignar los fines de semana y días libres durante la semana de trabajo. Este algoritmo fue extraído del libro de Michael Pinedo, "Planning and Scheduling in Manufacturing and Services",

NY:2005 para planificar el horario de trabajo de los colaboradores de un establecimiento.

Primero, se considerará lo más básico de la programación, es decir se definirá las diferentes necesidades de personas dependiendo el día de la semana. Este número no tiene que ser el mismo, puesto que dependerá de la demanda existente en los diferentes días de la semana. Cabe destacar que para el análisis elaborado, la semana empieza en domingo y termina sábado, es decir 7 días laborales, de los cuales cada persona trabajará sólo 5 días. En esta sección se hallará el número mínimo de empleados para cubrir la semana completa de 7 días, con las siguientes consideraciones:

- I. La demanda por día está representada por $n_j, j=1, \dots, 7$ (n_1 representa Domingo y n_7 representa Sábado)
- II. A cada empleado se le dará k_1 de cada k_2 fines de semana libres
- III. Cada empleado trabaja exactamente 5 de los 7 días de la semana
- IV. Cada empleado no trabaja más de 6 días consecutivos

Las restricciones mencionadas anteriormente marcan la diferencia en la organización y elaboración de un horario de trabajo, puesto que se busca beneficiar al trabajador brindándole mayor bienestar. Ahora se describirá el método que genera el horario de trabajo óptimo para un ciclo de tiempo determinado, ya que después de un cierto número de semanas, el ciclo se repite.

W representa el número mínimo de empleados que el negocio requiere para funcionar adecuadamente. El número promedio de empleados cada fin de semana deberá ser suficiente para satisfacer los requerimientos del fin de semana.

$$(k_2 - k_1)W \geq k_2 \max(n_1, n_7)$$

Por lo tanto:

$$W \geq \left\lceil \frac{k_2 \max(n_1, n_7)}{k_2 - k_1} \right\rceil$$

Segundo, existe una restricción proveniente de la demanda, ya que el número de empleados por semana también debe satisfacer el requerimiento diario de trabajadores durante la semana de operación. Debido a que cada empleado debe trabajar 5 días por semana:

$$5W \geq \sum_{j=1}^7 n_j$$

ó

$$W \geq \left\lceil \frac{1}{5} \sum_{j=1}^7 n_j \right\rceil$$

Tercero, el número mínimo de empleados proviene de la demanda diaria de trabajadores

$$W \geq \max(n_1, \dots, n_7)$$

El número mínimo de empleados deberá ser al menos tan grande como la más grande de estas tres cotas. El algoritmo resuelve este conflicto, ya que W representa

el número máximo entre estas tres cotas y n denota el número máximo de empleados requeridos durante el fin de semana.

$$n = \max(n_1, n_7)$$

Obviamente, al tener un requerimiento de personal variable durante la semana, existirá ciertos días en los cuales va a existir un exceso (u_j) de trabajadores, es decir más empleados de los realmente necesarios, para calcular este exceso de personas se considerará lo siguiente:

$$u_j = W - n_j \text{ para } j=2, \dots, 6$$

$$u_j = n - n_j \text{ para } j=1, 7$$

de esta forma también se garantiza que $\sum_{j=1}^7 u_j \geq 2n$. Está claro que los empleados

tendrán días libres en estos días, ya que se busca evitar este exceso de personal. El algoritmo permite la agrupación de los días libres en pares que serán asignados a cada trabajador dependiendo de su caso para cumplir con las restricciones mencionadas al inicio de la utilización del algoritmo. Estos pares de días formados se enumeran de 1 a n y se crea de la siguiente forma:

Primero, escoger el día k

$$u_k = \max(u_1, \dots, u_7)$$

Segundo, escoger el día l , tal que $l \neq k$, de forma que $u_l > 0$; si $u_l = 0$ para todo $l \neq k$, entonces escoger $l = k$.

Tercero, crear los pares (k, l) de forma que estos serán los pares de días que se asignen libres a los trabajadores que lo requieran. Este proceso se repetirá n veces hasta crear un horario adecuado para cada trabajador.

El número de empleados por semana va de 1 a W , por tanto se debe asignar a los $W-n$ trabajadores el fin de semana libre. Para iniciar el algoritmo se empieza con el fin de semana conformado por el Sábado de la semana anterior y el Domingo de la semana en análisis.

Programación de los Días Libres:

Paso 1. Programar los fines de semana libres

- a. Asignar el primer fin de semana libre a los $W-n$ empleados
- b. Asignar el siguiente fin de semana libre al segundo $W-n$ empleado y así sucesivamente en forma cíclica hasta que todos los empleados tengan su fin de semana libre definido.

Paso 2. Clasificación de cada uno de los empleados para la semana 1 de trabajo

En cada semana todos los empleados pertenecerán a una de las siguientes categorías expresadas en la Tabla No. 1.

Tabla Nº 1. Clasificación del personal según algoritmo matemático

<i>Tipo T1:</i>	Fin de semana libre	Necesita 0 días libres en la semana 1	Fin de semana 2 libre
<i>Tipo T2:</i>	Fin de semana libre	Necesita 1 días libres en la semana 1	Trabaja Fin de semana 2
<i>Tipo T3:</i>	Trabaja fin de semana	Necesita 1 días libres en la semana 1	Fin de semana 2 libre
<i>Tipo T4:</i>	Trabaja fin de semana	Necesita 2 días libres en la semana 1	Trabaja Fin de semana 2

Paso 3. Asignación de los pares de días libres durante la semana 1

Primero empezar con los empleados que tengan la clasificación T4, es decir ellos serán los primeros en beneficiarse de los (k, l) pares de días libres encontrados determinados previamente. Luego, los empleados del tipo T3 se une a los empleados del tipo T2 y comparten un par de días libres entre semana, es decir de un par de días (k, l) k es el día asignado al trabajador T3 y l es el día asignado como libre al trabajador T2.

Paso 4. Asignación de días libres por empleado en un período cíclico de tiempo para crear un calendario de actividades cíclico, en determinado momento el calendario de trabajo será cíclico, el procedimiento descrito anteriormente para la semana 1, se repetirá hasta la semana $i-1$.

2. El problema de programación de personal

2.1. Definición del problema

La programación de personal se ha constituido en un problema analizado por las consultoras a nivel mundial que ofrecen sus servicios de consultoría para mejorar la productividad de las organizaciones. Una de estas consultoras es Maynard Consulting (www.hbmaynard.com), la cual brinda información y asesoría sobre los negocios y los dilemas que los mismos deben manejar; el brindar un servicio al cliente que realmente satisfaga sus expectativas, reducir los costos de personal para brindar este servicio e incrementar la satisfacción de los colaboradores y empleados que con su trabajo y esfuerzo contribuyen para que el negocio funcione, se genere lealtad en los clientes y el negocio pueda crecer y expandirse. Además en la actualidad catedráticos de universidades y gerentes de fábricas coinciden en que el servicio es primordial y fundamental para mantenerse dentro de un mercado competitivo (Cisneros). Entonces, surge la pregunta cómo lograr altos estándares de servicio e identificar los clientes de una organización?

Según la Consultora Maynard, para solucionar estos dilemas, es necesario asegurar que el personal con las correctas habilidades y competencias trabaje en el tiempo adecuado y al menor costo posible. El problema incluye algunas variables que deben ser controladas, asignar el número correcto de trabajadores durante un día de trabajo, los mismos que responden a las necesidades de la operación. Estas necesidades también están relacionadas al flujo de personas que visitan la tienda durante un día normal de funcionamiento del local.

Específicamente, la administración de personal deberá realizarse de forma que se logre²¹:

- Reducir los costos de operación
- Garantizar la operación eficiente del negocio
- Crear una experiencia para el consumidor única al realizar sus compras
- Crear un sitio agradable para trabajar
- Atraer mayor número de clientes e incrementar ganancias
- Entender al consumidor y responder a sus necesidades
- Incrementar la satisfacción del cliente

El problema es satisfacer las necesidades operativas del negocio al mismo tiempo que se provee de un excelente servicio al cliente y se satisfacen las expectativas tanto del cliente externo como del interno, a través de la generación de horarios de trabajo justos que realmente respondan a las necesidades del negocio, pero que al mismo tiempo le permitan mayor bienestar laboral a los trabajadores. La generación de un clima laboral amigable dependerá en gran parte de la colaboración y el buen ánimo de los empleados, pero esto se puede promover mediante el cumplimiento de horarios de trabajo que permitan satisfacción de los trabajadores.

Según el Ing. Juan Cajas “la importancia de analizar este problema está en que las tiendas y almacenes buscan mejorar su productividad a través del servicio que ofrecen”. A diferencia de las grandes fábricas de manufactura, su producto va

²¹ “Labor Management for the Retail Industry” , Maynard, 12 Agosto 2007, <www.hbmanynard.com>

acompañado del servicio, ellos no se dedican a fabricar el producto, una tienda lo vende y por ende su negocio es lograr que el cliente acuda a comprar y se lleve una experiencia de compra agradable. Un cliente satisfecho es un cliente que eventualmente regresará al negocio para realizar nuevas compras, lo cual significa mayores ventas y genera mayores ganancias para el negocio. Además, los locales comerciales buscan crear lealtad en los clientes, puesto que los mismos son muy susceptibles y cambian de proveedores de bienes y servicios en forma muy fácil. Los clientes buscan calidad y servicio, por tanto generar una experiencia de compra amigable y satisfactoria para el cliente desembocará en una cultura enfocada a la atención del cliente.

Algunos conocedores de la materia como el Ing. Juan Cajas, profesor de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito; y el Sr. Omar Alarcón, Gerente de uno de los locales de Payless, señalan que el problema de programación de personal se vuelve complejo, ya que se trabajan con variables tangibles e intangibles. La atención y el servicio que un cliente busca en un local comercial son factores competitivos fundamentales dentro de un negocio, pero no siempre pueden ser cuantificados adecuadamente. Dependerá del propietario del negocio planificar y definir las mejores estrategias para lograr generar un buen ambiente de trabajo que se vea reflejado en una atención superior al público y clientes que acuden al negocio. En el Manual del Ingeniero Industrial, 1996, se dice que el sector de servicios existen muchos productos intangibles que no pueden ser sujetos a re-procesos o cambios de medidas, las interacciones que un cliente tiene con su asesor comercial son únicas y

las oportunidades de crear una buena impresión e imagen de la empresa se ven reducidas, ya que si el cliente no se encuentra satisfecho con el servicio encontrado, catalogará de mala forma a la empresa y se genera una cultura de insatisfacción que resulta dañina para el negocio. Por tal razón es importante capacitar a los empleados constantemente con charlas motivacionales que les permitan comprender la importancia de un buen servicio, sin embargo, mucho influye la parte aptitudinal de cada colaborador y esta puede ser generada a través de diversos factores y valores organizacionales de la empresa.

Como se ha visto existen empresas que compiten por grados de excelencia, pero el factor fundamental para determinarlos radica en el valor y la capacitación que puedan brindarle a sus colaboradores. En el medio existen revistas que destacan cada año a las mejores empresas por el éxito alcanzado durante el año fiscal, *Fortune 500* o *Vistazo en Ecuador*, y *Ekos* publican los nombres de las empresas ganadoras cada año y su estrategia para alcanzar el éxito empresarial, y según la publicación de la revista *Ekos* de Diciembre del 2006, las empresas ganadoras son aquellas que han generado un buen ambiente de trabajo, en el cual se conjugan productividad y satisfacción de sus colaboradores.

2.2. Objetivo General

Desarrollar una solución de programación de horarios de personal. Esta solución permitirá que los encargados de planificación requieran de menor tiempo de

elaboración y revisión de los itinerarios, satisfaciendo las condiciones operativas del negocio.

2.3. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual del negocio y definir las variables que intervienen para programar un horario de trabajo que satisfaga las necesidades del negocio, y al mismo tiempo sea justo con los colaboradores de la tienda.
- Utilizar de la manera más eficiente los recursos disponibles de personas, tiempo y dinero para atender un local de venta al detalle.
- Presentar un modelo que satisfaga las necesidades y demandas de los clientes internos y externos de un local de ventas al detalle.

2.4. Metodología

1. Se realizarán entrevistas a los gerentes de los diferentes locales de Payless Shoesource para determinar la situación operativa actual de la empresa en relación a los temas del estudio, es decir planificación y programación del personal, costos, recursos disponibles, flujo de clientes, etc.
2. A partir de una muestra de tiendas, se procederá a estudiar y modelar las diferentes variables relacionadas con los horarios y la operación del negocio, seleccionando o desarrollando si es necesario algoritmos que consideren las necesidades operativas del negocio, y también las necesidades propias de los

trabajadores, encontrándose una solución al problema de planificación que satisfaga necesidades y expectativas de clientes y del negocio en si.

3. Una vez que se obtengan los resultados del análisis, se relacionará el modelo teórico con su aplicación práctica y, proponer una reorganización operativa en el negocio de venta de calzado.

3. Análisis y descripción de la situación actual de las operaciones en Payless Shoesource

3.1. Descripción del negocio de venta de calzado para Payless Shoesource

Payless Shoesource al ser una franquicia de Estados Unidos, se rige a las normas internacionales de la empresa, por lo que todo el sistema de Cadena de Abastecimiento (CA) es diseñado en Estados Unidos.

A través de entrevistas verbales con tres gerentes de diferentes tiendas se pudo conocer el proceso de CA para esta cadena de zapatos. La primera parte de la etapa de elaboración y suministro de calzado empieza en China, puesto que en este país son producidos los zapatos por diversas razones como los costos de mano de obra. Luego, vía marítima el calzado llega al puerto de Panamá, que es donde se ubica un centro de distribución de grandes dimensiones para satisfacer y abastecer la demanda de Estados Unidos y Ecuador (único país del cono sur en donde Payless realiza sus actividades).

La mercadería llega a Panamá y es transportada hacia el puerto de Guayaquil vía marítima, en esta ciudad se encuentra ubicada la única bodega y a su vez centro de distribución de mercancía para Payless Shoesource Ecuador. Las cajas de zapatos son desaduanizadas y almacenadas en esta bodega para posteriormente ser distribuidas a los 22 diferentes locales con los que cuenta Payless en todo el Ecuador. El proceso de CA básicamente se basa en un sistema push, puesto que los zapatos no son ordenados de acuerdo a la necesidad del cliente, sino que la

empresa, utilizando pronósticos y datos históricos del nivel de ventas de cada local, les envía las cajas y los modelos respectivos. Estas cajas tienen 15 pares de zapatos del mismo modelo, pero de diferentes tallas, considerándose que hay tallas como la 7 y 8 que tienen mayor salida, por lo que en una misma caja vendrán 2 pares de la misma talla. Lo mismo sucede con los zapatos de niño y caballero, de esta forma se busca satisfacer la demanda mediante la rotación de modelos nuevos y novedosos para que cada vez que un cliente visite la tienda encuentre mercadería nueva y única.

A pesar de ya encontrarse en el local, los zapatos necesitan un proceso previo antes de estar listos para la venta. Primero, el gerente de cada local será comunicado con mínimo 2 días de anticipación para recibir la mercadería en su respectivo establecimiento. El camión que transporta las cajas de zapatos proporcionará una lista con los números de serie de las cajas que va a entregar, las mismas deberán estar completamente selladas para que el gerente del local las reciba. Es decir, los productos que llegarán en cada caja no son del conocimiento de ninguna persona en el país, puesto que todas estas cajas vienen listas para ser entregadas con órdenes desde Panamá, por lo que la bodega en Guayaquil, es justamente sólo un sitio para guardar las cajas hasta que el diseño de la cadena de suministro permita la distribución de las mismas a los diferentes locales. Luego de recibir las cajas con los zapatos y embodegarlas en cada local, se procederá a abrir las cajas y registrar que todas las tallas y modelos se encuentren en concordancia con lo etiquetado en el

exterior de las cajas, luego se les colocará el sello de seguridad y finalmente los zapatos están listos para ser perchados.

La frecuencia de distribución va acorde con la clasificación del tipo de tienda, puesto que existen tiendas de baja, media y alta rotación, las de alta rotación como es el caso de la tienda de “El Recreo” al sur de Quito, recibirán al menos una vez por semana nueva mercancía, mientras que en temporada alta como navidad y día de la madre recibirán 2 veces por semana cargamentos con mercadería nueva y variada. Obviamente, este diseño de la cadena de demanda es más complejo de lo que luce aparentemente, puesto que siendo Payless una Franquicia de Estados Unidos, es necesario que desde este país el sistema de aprovisionamiento y distribución de mercancía se encuentren bien diseñados para que el cliente se sienta satisfecho con los modelos y tallas que puede encontrar en un cada uno de los locales de Payless Shoesource Ecuador.

Uno de los problemas que Payless tuvo hace algún tiempo era la falta de variedad en su mercancía, lo que ocasionaba que los clientes visiten las tiendas y encuentren perchas llenas con los mismos modelos, esto representó pérdida de mercado para los locales de Payless, además de pérdidas de ganancia, puesto que al ser la oferta superior a la demanda en determinados modelos, era necesario bajar de precio a los zapatos o hacer promociones que subían su nivel de ventas hasta cierto punto, pero no completamente, puesto que de todas formas la mercancía ya no era novedosa para los clientes.

Este problema ha mejorado con el nuevo sistema de distribución, ya que los modelos que vienen en cada cargamento son únicos y exclusivos, lo cual implica una rotación de la mayor parte de modelos al menos en forma semanal. Esto obviamente, tiene sus implicaciones, ya que los lotes de producción serán en batch de acuerdo al modelo, pero variando de colores.

En la actualidad, el sistema de distribución de Payless ha permitido generar mayores beneficios para las tiendas y los clientes, ya que por un lado existen modelos, marcas, colores que satisfacen los gustos y necesidades a los clientes, lo que significa mayores ventas y ganancias para las tiendas de esta empresa dentro del Ecuador. Sin embargo, el complejo sistema de demanda que Payless debe manejar con datos y estadísticas para enviar el producto cuando es requerido a los diferentes locales, supone ser un manejo complejo pero que ya está estructurado en Estados Unidos y que responde al volumen de ventas existentes de cada uno de los diferentes locales.

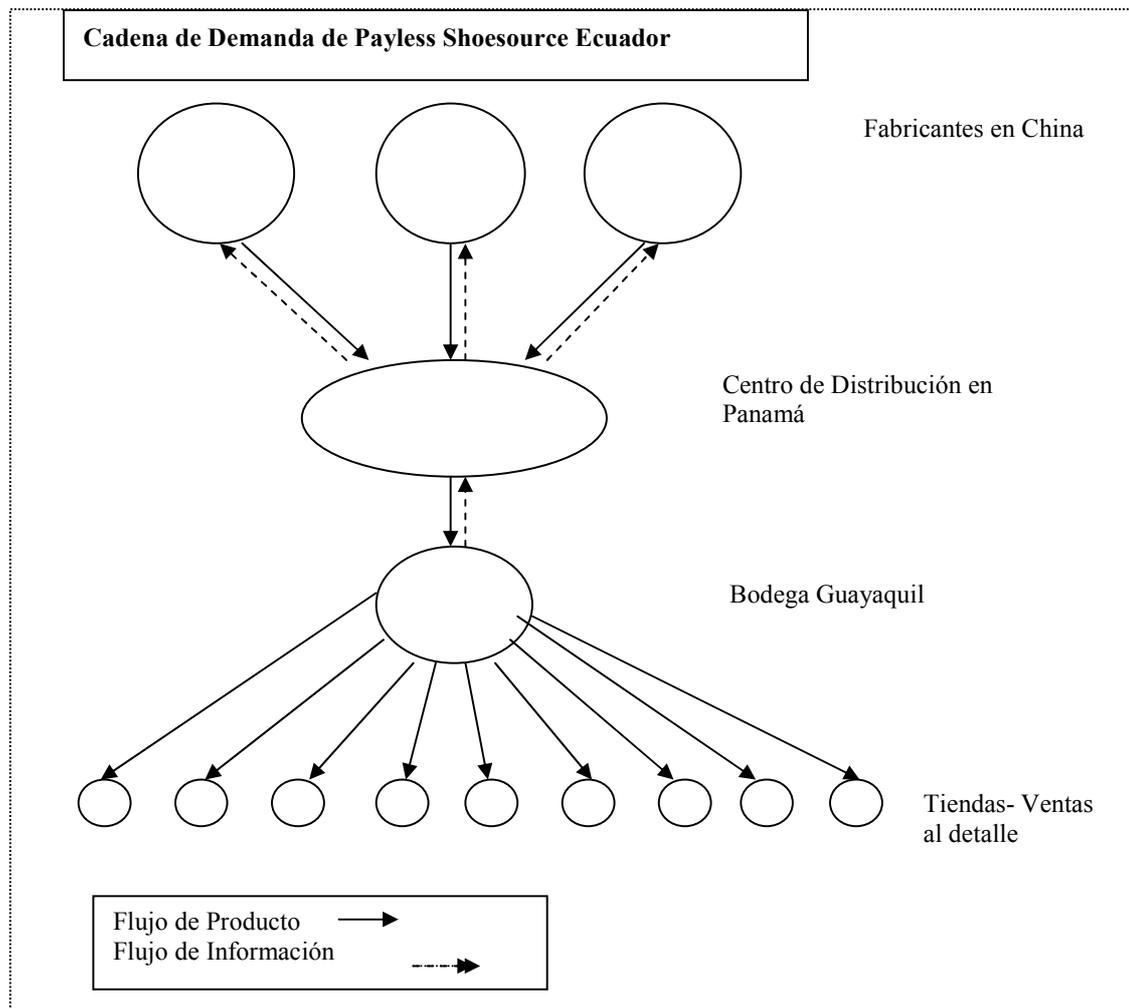


Figura N° 1 Sistema de Distribución Payless Shoesource

El negocio está orientado en la satisfacción de la demanda de calzado para damas, caballeros y niños. El enfoque de las tiendas es cuidar el buen servicio que se les brinda a sus clientes, además de satisfacer sus necesidades y expectativas con productos de alta calidad y sobre todo con tendencias actuales de zapatos. Además, las tiendas proveen artículos adicionales que se encuentran dentro de la misma línea de calzado, por ejemplo: medias, plantillas, cordones e implementos para la realización de la limpieza del calzado de diferente tipo y calidad.

3.2. Definición de las necesidades operativas diarias de los locales de venta de calzado

Para realizar la recolección de información sobre el manejo de personal en las tiendas de venta de calzado se siguió la siguiente metodología:

1. Entrevista Personal con el Gerente General de la Empresa en Ecuador, Sr. Miguel Cevallos. En dicha oportunidad se dio a conocer la propuesta del proyecto sobre el estudio y programación de personal y el Sr. Cevallos recomendó tres tiendas en la cuales se llevará a cabo dicho estudio. Estos establecimientos están ubicados en sectores estratégicos y fueron escogidos por ser consideradas tiendas de alta y mediana participación de las ventas totales que realiza la empresa. Los establecimientos escogidos están ubicados en centros comerciales de la ciudad de Quito, los mismos son: Megamaxi, Centro Comercial Quicentro Shopping y Ciudad Comercial El Recreo. Los gerentes de las diferentes tiendas fueron comunicados oportunamente sobre el estudio que se realizará en los establecimientos que administran para que los mismos puedan proporcionar la información necesaria para que el proyecto pueda funcionar.
2. A continuación se detalla la información obtenida que será descrita tienda por tienda y que demuestra el manejo operativo actual que cada una posee.

3.2.1. Local de calzado ubicado en el Centro Comercial Quicentro Shopping

Mediante comunicación personal con el Sr. Omar Alarcón Alarcón, Gerente de este local, se pudo conocer la forma de trabajo de este establecimiento. Además, como encargado del local una de sus responsabilidades es preparar el calendario semanal de trabajo de sus empleados o colaboradores.

A continuación se procedió a definir las necesidades operativas de este local durante las diferentes horas del día. Cabe destacar que el horario de la tienda debe adecuarse al horario del centro comercial, el mismo que opera de la siguiente forma durante la semana normal de trabajo (Tabla N° 2):

Tabla N° 2 Horario de Funcionamiento Centro Comercial Quicentro Shopping

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00 - 19:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 20:00	10:00 - 21:00	10:00 - 21:00

Este es el horario de trabajo del centro comercial, es decir durante este tiempo los clientes pueden visitar a los diferentes establecimientos para realizar sus compras. Sin embargo, es necesario mencionar que el centro comercial prolonga sus horarios de trabajo para fechas especiales como Navidad. Dicho fenómeno no será analizado en este proyecto, ya que según el Sr. Miguel Cevallos, para estas ocasiones se contrata personal temporal.

Las necesidades operativas de esta tienda fueron definidas de la siguiente forma (Tabla N° 3):

Tabla N° 3 Definición de requerimiento operativo para Quicentro

Horas laborables	Requerimiento de personal (# personas)
10 a 11	2
11 a 12	2
12 a 13	2
13 a 14	3
14 a 15	3
15 a 16	3
16 a 17	3
17 a 18	3
18 a 19	3
19 a 20	3
20 a 21*	3

*Requerimiento de personal los días en que el centro comercial abre hasta más tarde.

Para cubrir estas necesidades la tienda cuenta con 7 empleados, distribuidos de la siguiente forma (Tabla N°4):

Tabla N° 4 Personal y clasificación en Quicentro

TIEMPO COMPLETO, TC : 2	Gerente, Asistente y Porta llave
TIEMPO PARCIAL, TP : 5	
	2 de 32 horas/semana
	3 de 24 horas/semana

Según el Sr. Omar Alarcón la organización de personal se ve afectada por diferentes variables con las cuales los gerentes de las tiendas deben trabajar, algunas de ellas son el presupuesto disponible para contratación, la seguridad de cada local, el número de personas que visitan la tienda y el nivel de ventas de cada una de las tiendas.

- De acuerdo a su opinión este local requiere de al menos 2 personas para la apertura y mínimo 3 personas para el cierre del local, puesto que a pesar de no

haber mayor cantidad de clientes a la hora del cierre, es necesario ordenar las cajas de zapatos en las perchas para el día siguiente de trabajo.

- Los empleados trabajan 5 días a la semana, y se les da un fin semana libre en forma rotativa, es decir todos tienen derecho a un fin de semana libre cada 6 semanas de trabajo.

- Esta es una de las tiendas que tiene mayor flujo de clientes durante la semana, sin importar la temporada de trabajo, por lo tanto, sus ventas son superiores a la de cualquier otra tienda.

- La mercadería se recibe al menos una vez por mes dependiendo de la temporada, para fechas especial como Navidad, Día de la Madre y otras la mercadería llega con mayor frecuencia. Cabe destacar que los locales no piden mercadería, sino que directamente las oficinas les envían mercadería.

3.2.2. Local de calzado ubicado en el Centro Comercial El Recreo

Mediante comunicación personal con la Sra. Tatiana Molina, gerente de este local, se pudo conocer la forma de trabajo de este establecimiento. Además, como encargado del local una de sus responsabilidades es preparar el calendario semanal de trabajo de sus empleados o colaboradores.

A continuación se procedió a definir las necesidades operativas de este local durante las diferentes horas del día (Tabla N° 5).

Tabla N° 5 Horario de Funcionamiento Centro Comercial El Recreo

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
10:00 - 20:00						

Este es el horario de trabajo del centro comercial, es decir durante este tiempo los clientes pueden visitar a los diferentes establecimientos para realizar sus compras. Sin embargo, es necesario mencionar que el centro comercial prolonga sus horarios de trabajo para fechas especiales como Navidad. Dicho fenómeno no será analizado en este proyecto, ya que según el Sr. Miguel Cevallos, para estas ocasiones se contrata personal temporal.

Las necesidades operativas de esta tienda fueron definidas de la siguiente forma(Tabla N° 6):

Tabla N° 6. Definición de requerimiento operativo para El Recreo

Lunes a Viernes		Sábado y Domingo	
Horas laborables	Requerimiento de personal (# personas)	Horas laborables	Requerimiento de personal (# personas)
10 a 11	2	10 a 11	2
11 a 12	2	11 a 12	2
12 a 13	2	12 a 13	2
13 a 14	3	13 a 14	4
14 a 15	3	14 a 15	4
15 a 16	3	15 a 16	4
16 a 17	3	16 a 17	4
17 a 18	3	17 a 18	4
18 a 19	3	18 a 19	4
19 a 20	3	19 a 20	4

Para cubrir estas necesidades la tienda cuenta con 7 empleados, distribuidos de la siguiente forma(Tabla N° 7):

Tabla Nº 7 Personal y clasificación para El Recreo

TIEMPO COMPLETO: TC 3	Gerente, Asistente y Porta llave
TIEMPO PARCIAL : TP 4	
	4 de 24 horas

Para el local del Recreo, la Sra. Tatiana Molina permitió conocer su funcionamiento y explicó las razones de sus requerimientos de la siguiente manera:

- Normalmente las funciones de las personas del local son: una persona debe permanecer en caja para cobrar por los artículos vendidos, otra persona brindando ayuda en los pasillos y una persona adicional en la puerta para dar la bienvenida a los clientes. Cuando no están tres personas estas actividades deberán ser cubiertas y divididas a las personas disponibles.
- En este local es necesario destacar el funcionamiento del mismo, ya que según la experiencia de la Sra. Tatiana Molina, la mayor parte de personas ingresan al establecimiento durante la semana para mirar modelos, colores, precios, etc. Y la mayor parte de personas que ingresan realizan sus compras el fin de semana (sábado y domingo) o durante las quincenas y fin de mes.
- En este local el trabajador a tiempo completo trabaja 5 días a la semana y descansan dos días. Además, los empleados a tiempo completo, es decir tres personas tienen derecho a un fin de semana libre cada mes.
- Los trabajadores a tiempo parcial trabajan 6 días a la semana y descansan uno, y se les ha asignado un sólo día libre del fin de semana al mes, sábado o domingo.
- El espacio de este local es el asignado por el mismo centro comercial. En este caso, el local cuenta con una bodega grande que les permite almacenar la

Este es el horario de trabajo del centro comercial, es decir durante este tiempo los clientes pueden visitar a los diferentes establecimientos para realizar sus compras. Sin embargo, es necesario mencionar que el centro comercial prolonga sus horarios de trabajo para fechas especiales como Navidad. Dicho fenómeno no será analizado en este proyecto, ya que según el Sr. Miguel Cevallos, para estas ocasiones se contrata personal temporal.

Las necesidades operativas de esta tienda fueron definidas de la siguiente forma (Tabla N° 9):

Tabla N° 9 Definición de requerimiento operativo para Megamaxi

<i>Domingo a Viernes</i>		<i>Sábado</i>	
Horas laborables	Requerimiento de personal (# personas)	Horas laborables	Requerimiento de personal (# personas)
10 a 11	1	10 a 11	1
11 a 12	1	11 a 12	1
12 a 13	1	12 a 13	1
13 a 14	3	13 a 14	4
14 a 15	3	14 a 15	4
15 a 16	3	15 a 16	4
16 a 17	3	16 a 17	4
17 a 18	3	17 a 18	4
18 a 19	3	18 a 19	4
19 a 20	3	19 a 20	4

Para cubrir estas necesidades la tienda cuenta con 6 empleados, distribuidos de la siguiente forma (Tabla N° 10):

Tabla N° 10 Personal y clasificación para Megamaxi

TIEMPO COMPLETO, TC: 3	Gerente, Asistente y Porta llave
TIEMPO PARCIAL, TP: 3	
	1 de 32 horas
	2 de 24 horas

De acuerdo al criterio del Gerente, el día sábado es uno de los días más movidos para la tienda, puesto que la gente realiza sus compras con mayor frecuencia que durante la semana. También dio a conocer que su tienda está enfocada a un tipo diferente de mercado en el cual la mayor parte de clientes que ingresan al local comercial compran sus zapatos, por tal razón el local tiene una venta bastante alta a pesar de que no siempre esté lleno de personas dentro del local.

- Este local requiere de una sola persona, ya que una de las características principales del mismo es que cuenta con seguridad adicional, es decir, existe un guardia de seguridad contratado por el centro comercial para vigilancia y supervisión de los locales, ya que en este caso los mismos se encuentran con sus puertas a la calle, fuera del centro comercial.

- Se requieren de al menos 3 personas para el cierre del local, puesto que a pesar de no haber mayor cantidad de clientes a la hora del cierre, es necesario ordenar las cajas de zapatos en las perchas para el día siguiente de trabajo.

- El espacio de este local es el asignado por el mismo centro comercial. En este caso, el local cuenta con una bodega bastante grande que les permite almacenar la mercadería que les llega sin ningún inconveniente e ir la clasificando y perchando de acuerdo a sus necesidades.

- El funcionamiento actual del local y la programación del calendario laboral semanal contempla que los empleados deben abrir el local 15 minutos antes de la apertura oficial del centro comercial y cerrar 30 minutos después del horario normal de trabajo del centro comercial.

3.3. Análisis del método operativo utilizado actualmente

Para recrear el escenario actual de cada uno de los locales, se solicitó los calendarios de trabajo de dos meses, las semanas son consecutivas y dicha información es la siguiente:

1. No se registra claramente una definición de horarios en los cuales todos los empleados gocen de los mismos beneficios como fines de semana libres regulares.
2. Al realizar un análisis exhaustivo de las horas de trabajo de cada semana, se notó que los colaboradores trabajan más horas de las que deberían. Dichas horas no son reconocidas como horas extras que deberían ser pagadas.
3. Se pudo constatar que existen horas del día en la cual el número de empleados existentes es superior al número de empleados necesarios.
4. Al mantener entrevistas personales con los colaboradores de las diferentes tiendas se pudo constatar el malestar generado por tener que trabajar horas adicionales que no son parte de los horarios de trabajo, pero que son necesarias para mantener la operatividad del negocio y cumplir con el requerimiento de personal en las diversas horas del día.

4. Definición y aplicación de modelos teóricos para la resolución del problema

4.1. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Quicentro Shopping

A continuación en la Tabla N° 11, se presentan los requerimientos operativos de personal para el funcionamiento adecuado de la tienda ubicada en el Centro Comercial Quicentro Shopping, estos datos fueron obtenidos mediante entrevistas verbales con los gerentes de cada local, quienes en base a su experiencia han definido el número de personas que requieren durante las diferentes horas de trabajo para atender a los clientes que llegan al establecimiento.

**Tabla N° 11. Requerimiento Operativo de Personal para El Quicentro
Número de Personas Requeridas por Hora**

Horario	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
9:30 a 10:30	2	2	2	2	2	2	2
10:30 a 11:30	2	2	2	2	2	2	2
11:30 a 12:30	2	2	2	2	2	2	2
12:30 a 1:30	3	3	3	3	3	3	3
1:30 a 2:30	3	3	3	3	3	3	3
2:30 a 3:30	3	3	3	3	3	3	3
3:30 a 4:30	3	3	3	3	3	3	3
4:30 a 5:30	3	3	3	3	3	3	3
5:30 a 6:30	3	3	3	3	3	3	3
6:30 a 7:30	3	3	3	3	3	3	3
7:30 a 8:30	3	3	3	3	3	3	3
8:30-9:30	-	-	-	-	-	3	3
	30	30	30	30	30	33	33

Requerimiento total: 216 horas hombre/semana

En la Tabla N° 12 se muestra un resumen del funcionamiento actual de la tienda del Quicentro, en la misma se encuentran la clasificación de los empleados como

Tiempo Completo (TC) ó tiempo parcial (TP). Adicionalmente, se encuentra un análisis de las horas que se obtendrían con las personas que trabajan semanalmente en la tienda en comparación a las horas que realmente están trabajando.

Tabla N° 12. Funcionamiento operativo actual tienda Quicentro por semana de trabajo

Actual			
Clasificación trabajadores	TC	TP	
Horas contratadas por trabajador	40	32	24
Número trabajadores	2	2	3
Total horas convenidas	80	64	72
Total horas trabajadas	80	64	76

- Trabajan con 2 personas Tiempo Completo
- Semanalmente se trabaja horas extras no remuneradas
- Descansos no contemplados
- Exceso de personal en ciertos días y horas, de acuerdo a requerimiento normal de personas.

En esta sección se especifica como se encontró que las horas trabajadas semanalmente son mayores a las que los colaboradores deberían trabajar, sin olvidar mencionar que la empresa no reconoce las horas extras de trabajo. Estos datos fueron proporcionados por los gerentes de cada local, quienes elaboran sus calendarios de trabajo semanales que les permiten cubrir sus requerimientos de personal. Cabe destacar que este análisis fue realizado para dos meses de trabajo, tomándose 8 semanas consecutivas. A continuación en la Tabla N° 13 se muestra un ejemplo de los cuadros proporcionados.

Tabla N° 13 Calendarios de personal utilizado en el Quicentro

Trabajador	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total horas
1	Libre	8	8	8	8	8	Libre	40
2	Libre	8	8	Libre	8	8	8	40
3	7	6	Libre	6	6	Libre	7	32
4	7	6	Libre	6	Libre	7	7	33
5	6	Libre	5	5	5	Libre	5	26
6	4.5	5	5	Libre	6	5	Libre	25.5
7	5	Libre	6	5	Libre	5	5	26
								222.5

- Total de horas hombre trabajadas en una semana: 223
- A los trabajadores se los ha denominado del 1 al 7, omitiéndose nombres específicos de cada uno de ellos.

La jerarquía utilizada es de mayor a menor, es decir al principio de la lista se encuentran los trabajadores tiempo completo y luego los tiempo parcial. A continuación, en la Tabla N° 14 se muestra un cuadro comparativo de las horas contratadas de trabajo supuestas de cada persona en comparación con las horas trabajadas actualmente, notándose que los TP de 32 y 24 horas trabajan más horas de las que se deberían.

Tabla N° 14. Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas

Trabajador	Horas trabajadas	Horas contratadas	Exceso
1	40	40	0
2	40	40	0
3	32	32	0
4	33	32	1
5	26	24	2
6	25.5	24	1.5
7	26	24	2
		222.5	216
			6.5

Como se observa en la Tabla N° 14 para cumplir con el requerimiento operativo de la tienda se trabajan más horas de las adecuadas, sin embargo al continuar con el análisis se puede observar que existen horas en las cuales se cruzan horarios, es decir hay más personas de las requeridas en ciertas horas (Figura N°12). Esta situación será sujeta a modificación con el modelo propuesto, ya que se busca optimizar los recursos utilizando sólo el número de personas necesario.

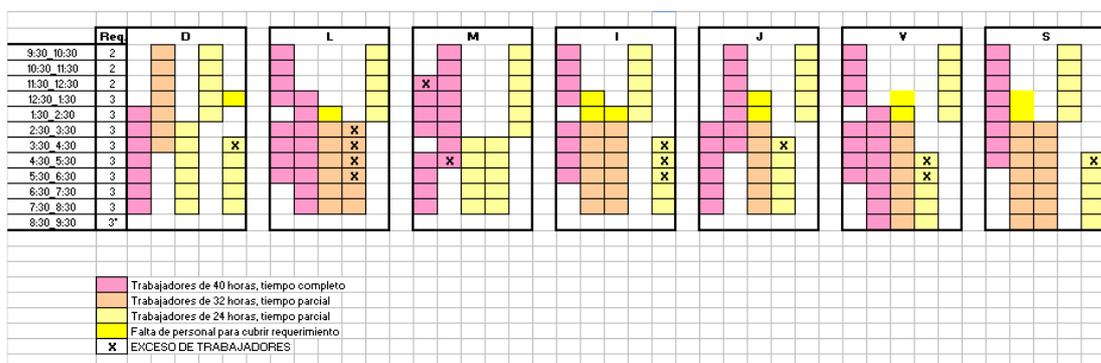


Figura N° 2. Utilización actual del recurso humano, Quicentro

Como se puede observar en la Figura N° 2, el funcionamiento del local puede verse afectado por variaciones de personal que trabaja para cumplir su horario semanal, aún cuando esto no sea necesario y, viceversa existen horas en las cuales se necesita mayor número de personas que las que se encuentran trabajando en el local. En la Figura N° 2, X representa el exceso de horas hombre en las diferentes horas del día, y los recuadros pintados de amarillo fuerte muestran la falta de personal a ciertas horas del día para cubrir el requerimiento mínimo.

4.1.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones

En esta sección se aplica la Investigación de Operaciones para resolver el problema de la programación de personal para el local del Quicentro mediante la utilización del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

A continuación en la Tabla N° 15 se presenta el número mínimo de personas que deben trabajar en el local para cumplir con los requerimientos operativos expresados inicialmente por el gerente del establecimiento, esto corresponde a la consideración I del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

Tabla N° 15 Requerimiento diario de personal, Quicentro

día j	1	2	3	4	5	6	7
	D	L	M	I	J	V	S
Requerimiento	5	5	5	5	5	5	5

Continuando con la consideración II del algoritmo se procede a encontrar el número mínimo de personas (W) que el local comercial debe contratar.

$$n = \max(n_1, n_7)$$

$$n = 5$$

Consideración II. Cada persona requiere de un fin de semana libre cada 7 fines de semana.

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 7$$

Por lo tanto,

$$W \geq (7 \times 5) / (7 - 1) = 6$$

$$W \geq 35 / 5 = 7.00$$

$$W \geq 5$$

Entonces, el mínimo número de empleados necesarios para satisfacer las condiciones operativas del negocio es $W=7$.

Asignación de trabajadores libres por día:

$$W-n = 7-5 = 2$$

Se asignará un fin de semana libre completo, es decir sábado y domingo, a 2 empleados sin importar su condición de TC ó TP cada semana hasta completar el ciclo de 7 semanas.

Después de definir las condiciones operativas del negocio, y el número mínimo de personas requeridas. Se procede a asignar los fines de semana y días libres de cada uno de los trabajadores.

Para esta primera parte se utiliza la Investigación de Operaciones a través de un Modelo de Programación Lineal, en el cual la variable de decisión x_{ij} representa a una variable binaria igual a 1 si el trabajador i labora en el día j y, 0 si el trabajador i no trabaja en el día j . En este caso i representa el trabajador, $i = 1, 2, 3, \dots, W$. En este caso $W=7$. Los días de la semana están representados por j , es decir para una semana completa de trabajo, empezando en domingo y terminando en sábado, $j=1, 2, 3, \dots, 7$.

La Función Objetivo Z es la suma de todos los trabajadores durante una semana de trabajo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 x_{ij}$$

A continuación en la Tabla N° 17 se definen los turnos diarios que cada trabajador puede ocupar.

Tabla N° 17 Definición de Turnos

Turno j	Definición	No. horas	Clasificación Trabajador
1	9:30 a 5:30	8	TC
2	10:30_6:30	8	
3	11:30_7:30	8	
4	12:30_8:30	8	
5	9:30 a 4:30	7	TP
6	10:30 a 5:30	7	
7	11:30 a 6:30	7	
8	12:30 a 7:30	7	
9	1:30 a 8:30	7	
10	9:30 a 3:30	6	TP
11	10:30 a 4:30	6	
12	11:30 a 5:30	6	
13	12:30 a 6:30	6	
14	1:30 a 7:30	6	
15	2:30 a 8:30	6	
16	9:30 a 2:30	5	TP
17	10:30 a 3:30	5	
18	11:30 a 4:30	5	
19	12:30 a 5:30	5	
20	1:30 a 6:30	5	
21	2:30 a 7:30	5	
22	3:30 a 8:30	5	
23	9:30 a 1:30	4	TP
24	10:30 a 2:30	4	
25	11:30 a 3:30	4	
26	12:30 a 4:30	4	
27	1:30 a 5:30	4	
28	2:30 a 6:30	4	
29	3:30 a 7:30	4	
30	4:30 a 8:30	4	

Estos turnos representan horarios de trabajo, por ejemplo los cuatro primeros turnos corresponden a horarios de trabajo de 8 horas que serán asignados exclusivamente a los trabajadores TC, los 5 siguientes horarios corresponden a turnos de 7, 6, 5 y 4

horas para los trabajadores TP y así sucesivamente de acuerdo a lo presentado en la Tabla N° 17.

A continuación, en la Tabla N° 18 se genera una matriz que denota las horas cubiertas por los diferentes turnos en un día normal de trabajo. En la columna de la derecha se expresa el requerimiento operativo mínimo, y en la última fila se expresa el costo promedio que tendría cada uno de los distintos turnos trabajados.

Tabla N° 18 Programación de personal para local del Quicentro

Periodo	Periodos Cubiertos en un día																														Número mínimo de personas necesarias				
	Turno																																		
	TC			TP																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
9:30 a 10:30	1				1					1						1								1										2	
10:30 a 11:30	1	1			1	1				1	1					1	1							1	1									2	
11:30 a 12:30	1	1	1		1	1	1			1	1	1				1	1	1						1	1	1								2	
12:30 a 1:30	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1					1	1	1	1							3	
1:30 a 2:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1					1	1	1	1						3	
2:30 a 3:30	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				3	
3:30 a 4:30	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			3	
4:30 a 5:30	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1				1	1	1	1							1	1	1	1		3	
5:30 a 6:30		1	1	1			1	1	1				1	1	1					1	1	1								1	1	1		3	
6:30 a 7:30			1	1			1	1						1	1						1	1									1	1		3	
7:30 a 8:30				1				1							1							1										1			3
Costo diario por turno	21.32			11.39						9.77						8.14						6.51													

Para la resolución del problema se procede a formularlo a través de la Investigación de Operaciones de la siguiente forma:

x_j representa el número de trabajadores asignados a un turno j para $j = 1, 2, 3, \dots, 30$.

La función objetivo representa el costo de asignar cada uno de los trabajadores a los diferentes turnos. La definición de costos se encuentra expresada en el Anexo1.

Minimizar

$$Z = 21.32 \sum_{i=1}^4 x_i + 11.39 \sum_{i=5}^9 x_i + 9.77 \sum_{i=10}^{15} x_i + 8.14 \sum_{i=16}^{22} x_i + 6.51 \sum_{i=23}^{30} x_i$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla N°18.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_2 + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Consideraciones adicionales:

La primera restricción hace referencia al número de personas que deberá cubrir cualquiera de los 4 turnos posibles de 8 horas. Esta restricción es la única que va a

variar dependiendo del día de trabajo, puesto que debe existir por lo menos 1 persona a tiempo completo, pero ciertos días de trabajo habrá 2 ó 3 personas TC que deben trabajar dependiendo del día, y como el algoritmo fue diseñado para que sólo 2 personas tengan días libres, por lo menos existirá una persona tiempo completo para trabajar, la misma deberá encargarse de la apertura o cierre del local. Para el modelo planteado anteriormente, se considera que un sólo TC se encuentra trabajando. La resolución del problema y los resultados completos se encuentran en el Anexo 2. Dichos resultados fueron obtenidos usando el programa computacional LINDO®²².

Adicionalmente, véase Anexo 2 en donde constan las resoluciones completas para los modelos cuando los requerimientos de TC cambian de 2 ó 3 personas por día.

4.1.2. Análisis de Resultados

Los siguientes resultados corresponden al número de personas que se asignarán a los diferentes turnos, los mismos que fueron previamente establecidos. Véase Tabla N° 17. A continuación, en la Tabla N° 19 se detalla la solución encontrada para los diferentes escenarios, es decir al trabajar con 1, 2 ó 3 personas TC en el Local ubicado en Centro Comercial Quicentro Shopping.

²² “® Lindo systems”. Lindo Systems, 19 Abril 2007 <www.lindo.com>

Tabla N° 19 Solución para Local ubicado en El Quicentro

N° TC	1		2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_4=1$	12:30 a 8:30	$x_1=1$	9:30 a 5:30	$x_1=2$	9:30 a 5:30
	$x_5=2$	9:30 a 4:30	$x_4=1$	12:30 a 8:30	$x_4=1$	12:30 a 8:30
	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30	$x_5=1$	9:30 a 4:30	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30
			$x_{30}=2$	4:30 a 8:30		
Total Trabajadores	5		5		5	

Como se puede observar en la resolución del problema planteado en la Tabla N° 11, se respeta la disposición de 5 personas para trabajar y, lo que se está haciendo es organizando sus turnos diarios de trabajo dependiendo del caso (1, 2 ó 3 TC). Para verificar resultados expuestos en la Tabla N° 19, véase Anexo 2 en donde constan las resoluciones completas de los diferentes escenarios.

Hasta este punto se han logrado cubrir las necesidades planteadas inicialmente como problema fundamental de la organización de personal para el sector de ventas al detalle.

- Se han asignado fines de semana y días libres para todos los trabajadores.
- Se encuentran cubiertas las necesidades operativas del local comercial por horas de trabajo diario.

4.1.3. Evaluación de los resultados obtenidos

En esta sección se reunirán y evaluarán los resultados hallados en la sección anterior. La metodología usada empezará por crear el horario de trabajo, respetando primero los fines de semana libres de cada uno de los trabajadores, luego se

procederá a asignar el horario específico de cada uno de los empleados para que se pueda cumplir con el requerimiento operativo diario del local comercial. Los resultados expuestos a continuación reflejan el análisis para una semana, y para la construcción del calendario cíclico, las condiciones de días se repiten, es decir una vez definido la organización y asignación de turnos para una semana, se elaborará fácilmente el calendario cíclico de las siguientes semanas.

En la Tabla N° 20 se representa los resultados obtenidos para los diferentes escenarios que pueden producirse, es decir 1, 2 ó 3 TC, y se demuestra que se satisface las condiciones operativas del local comercial de acuerdo a las diferentes horas de trabajo.

Tabla N° 20 Representación de los resultados encontrados, Quicentro

Horas de trabajo	Trabajadores TC y TP																	
	1				Requerimiento	2				Requerimiento	3				Requerimiento			
9:30 a 10:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
10:30 a 11:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
11:30 a 12:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
12:30 a 1:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
1:30 a 2:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
2:30 a 3:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
3:30 a 4:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
4:30 a 5:30	TC			TP	TP	3	TC	TC		TP	TP	4	TC	TC	TC	TP	TP	5
5:30 a 6:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3
6:30 a 7:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3
7:30 a 8:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3

Cabe recalcar que en la Tabla N° 20, se nota que existen mayor número de personas que las requeridas a ciertas horas del día (celdas sombreadas) dichas horas hombre

sobrantes pueden ser empleadas en otros días de trabajo, es decir cuando haya mercadería ó para cubrir las horas que faltan en viernes y sábado.

Al continuar con el análisis, en la Tabla N° 21 se representan los resultados encontrados para formar el calendario semanal de trabajo. Se consideró la primera semana de trabajo de la Tabla N° 16, de esta forma se respeta los fines de semana y días libres de los TC y TP, luego en un análisis posterior se definirá si los trabajadores tiempo parcial son de 32 ó de 24 horas.

En la Tabla N° 21 se consolidan los resultados de la Tabla N° 16 y la Tabla N° 19 para la organización de personal.

Primero, se considera la semana de trabajo No. 1 de la Tabla 16, es decir de acuerdo a esta tabla los trabajadores 1, 2 y 3 son TC y el primer domingo del ciclo, sólo trabaja el TC número 3 por lo que le corresponde el turno expresado en la Tabla 19 (12:30 a 8:30).

Segundo, el resto de trabajadores TP se asignan a los diferentes turnos de acuerdo a la misma Tabla N° 17 y van ocupando los diferentes resultados expresados en la Tabla N° 19.

Finalmente, se realiza una sumatoria de las horas trabajadas semanalmente, y en la parte 3) de la Tabla N° 21 se puede observar que cada uno de los 7 trabajadores cumple con su ciclo de horas de trabajo.

Además se debe notar que los días viernes y sábados el Centro Comercial Quicentro Shopping extiende sus actividades una hora más, por lo que se puede asignar a los trabajadores que no han cumplido con su cupo normal de trabajo para que este requerimiento adicional de trabajadores sea cubierto. Este particular está denotado en la Tabla N° 21, parte 2 con casillas más oscuras y con esto queda cubierto el requerimiento adicional de horas hombre que el local requiere.

4.2. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Centro Comercial El Recreo

En la Tabla N° 22, se presentan los requerimientos operativos de personal para el funcionamiento adecuado de la tienda ubicada en el Centro Comercial El Recreo.

Estos datos fueron obtenidos mediante entrevistas verbales con el gerente del local.

**Tabla N° 22 Requerimiento Operativo de Personal para El Recreo
Número de Personas Requeridas por Hora**

Horario	Domingo²³	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
9:30 a 10:30	2	2	2	2	2	2	2
10:30 a 11:30	2	2	2	2	2	2	2
11:30 a 12:30	2	2	2	2	2	2	2
12:30 a 1:30	4	3	3	3	3	3	4
1:30 a 2:30	4	3	3	3	3	3	4
2:30 a 3:30	4	3	3	3	3	3	4
3:30 a 4:30	4	3	3	3	3	3	4
4:30 a 5:30	4	3	3	3	3	3	4
5:30 a 6:30	4	3	3	3	3	3	4
6:30 a 7:30	4	3	3	3	3	3	4
7:30 a 8:30	-	3	3	3	3	3	4
	34	30	30	30	30	30	38

Requerimiento total (horas/hombre): 222 horas hombre

²³ Los días domingos el Centro Comercial cierra a las 7 pm, y el local trabaja hasta las 7:30pm

En la Tabla N°23 se muestra un resumen del funcionamiento actual de la tienda del El Recreo, en la misma se encuentran la clasificación de los empleados como Tiempo Completo (TC) ó tiempo parcial (TP), se puede observar que en este local trabajan 3 personas Tiempo Completo y 4 Tiempo Parcial. Adicionalmente, se encuentra un análisis de las horas que se obtendrían con las personas que trabajan semanalmente en la tienda en comparación a las horas que realmente están trabajando.

Tabla N° 23 Funcionamiento operativo actual tienda El Recreo por semana de trabajo

Actual			
Clasificación trabajadores	TC	TP	
Horas contratadas por trabajador	40	32	24
Número trabajadores	3	0	4
Total horas convenidas	120	0	96
Total horas trabajadas	122.5	0	97.5

En esta sección se especifica cómo se encontró que las horas trabajadas semanalmente son mayores a las que los colaboradores deberían trabajar, sin olvidar mencionar que la empresa no reconoce las horas extras de trabajo fuera de las contratadas. Estos datos fueron proporcionados por los gerentes de cada local, quienes elaboran sus calendarios de trabajo semanales que les permiten cubrir sus requerimientos de personal. Cabe destacar que este análisis fue realizado para dos meses de trabajo, tomándose 8 semanas consecutivas. A continuación en la Tabla N°24 se muestra un ejemplo del calendario de una semana de trabajo de todos los trabajadores.

Tabla N° 24 Calendarios de personal utilizado en El Recreo

Trabajador	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total horas
1	Libre	Libre	8	8	8	8	8	40
2	8	9.5	Libre	9.5	8	8	Libre	43
3	7.5	Libre	9.5	6.5	Libre	8	8	39.5
4	6	4	4	Libre	3	4	4	25
5	4	4	4.5	4	Libre	4	4	24.5
6	4	4	4	4	4	Libre	4	24
7	8	Libre	Libre	4	4	4	4	24
								220

Total de horas hombre trabajadas en una semana: 220

A los trabajadores se los ha denominado del 1 al 7, omitiéndose nombres específicos de cada uno de ellos.

La jerarquía utilizada es de mayor a menor, es decir al principio de la lista se encuentran los trabajadores tiempo completo (3) y luego los tiempo parcial (4), y a continuación en la Tabla N°25 se muestra un cuadro comparativo de las horas contratadas de trabajo supuestas de cada persona con las horas trabajadas actualmente, notándose que se trabajan más horas de las que se contrataron.

Tabla N° 25 Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas

Trabajador	Horas trabajadas	Horas contratadas	Exceso	
1	40	40	0	
2	43	40	3	
3	39.5	40	-0.5	
4	25	24	1	
5	24.5	24	0.5	
6	24	24	0	
7	24	24	0	
		220	216	4

Como se observa en la Tabla N°25 para cumplir con el requerimiento operativo de la tienda se trabajan más ó menos horas de las contratadas. Semanalmente se trabaja horas extras no remuneradas, los descansos no están contemplados y, existen excesos de personal en ciertos días y horas, de acuerdo a requerimiento normal de personas. Sin embargo al continuar con el análisis se puede observar que existen horas en las cuales se cruzan horarios, es decir hay más personas de las requeridas en ciertas horas. Esta situación será sujeta a modificación con el modelo propuesto, ya que se busca optimizar los recursos utilizando sólo el número de personas necesario.

	Domingo	N° T Rec Dif.	Lunes	N° T Rec Dif.	Martes	N° T Rec Dif.	Miércoles	N° T Rec Dif.
9:30_10:30		1 2 -1		1 2 -1		2 2 0		2 2 0
10:30_11:30		3 2 1		1 2 -1	X	3 2 1	X	3 2 1
11:30_12:30		3 2 1		2 2 0	X	3 2 1	X	3 2 1
12:30_1:30		2 4 -2		1 3 -2		1 3 -2		1 3 -2
1:30_2:30		3 4 -1		2 3 -1		2 3 -1		3 3 0
2:30_3:30		X 5 4 1		1 3 -2		3 3 0		3 3 0
3:30_4:30		X 5 4 1		3 3 0	X	4 3 1	X	5 3 2
4:30_5:30		X 5 4 1		2 3 -1		2 3 -1	X	4 3 1
5:30_6:30		X X 6 4 2		3 3 0	X	4 3 1	X	4 3 1
6:30_7:30		4 4 0		3 3 0		3 3 0	X	4 3 1
7:30_8:30				3 3 0		3 3 0	X	4 3 1
	Jueves	N° T Rec Dif.	Viernes	N° T Rec Dif.	Sábado	N° T Rec Dif.		
		1 2 -1		2 2 0		1 2 -1		
		1 2 -1		2 2 0		2 2 0		
	X	3 2 1	X	3 2 1	X	3 2 1		
		2 3 -1		1 3 -2		2 4 -2		
		2 3 -1		2 3 -1		1 4 -3		
		2 3 -1		3 3 0		3 4 -1		
		3 3 0	X	5 3 2		4 4 0		
		3 3 0	X	5 3 2		4 4 0		
		3 3 0	X	5 3 2		4 4 0		
		3 3 0	X	4 3 1		4 4 0		
		3 3 0	X	4 3 1		4 4 0		

Figura N° 3 Utilización actual del recurso humano, El Recreo

Como se puede observar en la Figura N°3, el funcionamiento del local es irregular, puesto que no se cumplen con las condiciones y requerimientos expresados por el gerente del mismo. En la Figura N°3 se representa con una X el exceso de horas hombre en las diferentes horas del día, y en los casilleros de la derecha se hace una comparación entre el número de trabajadores que hay por hora y por día de trabajo y

el requerimiento de horas hombre, en la columna final de cada día se expresa la diferencia de horas hombre con las horas que realmente se obtienen, los números negativos indican falta de personal a ciertas horas de trabajo durante un día, mientras los números positivos expresan exceso de personal. Además, dentro del horario de cada persona existen descansos que no están contemplados como parte del turno de trabajo, sino que cada trabajador debe registrar su hora de salida y regresar nuevamente a completar su turno diario.

4.2.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones

En esta sección se aplica la Investigación de Operaciones para resolver el problema de la programación de personal para el local de El Recreo mediante la utilización del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

A continuación en la Tabla N°26 se presenta el número mínimo de personas que deben trabajar en el local para cumplir con los requerimientos operativos expresados inicialmente por el gerente del establecimiento, esto corresponde a la consideración I del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

Tabla Nº 26 Requerimiento diario de personal, El Recreo

día j	1	2	3	4	5	6	7
	D	L	M	I	J	V	S
Requerimiento	6	5	5	5	5	5	6

Continuando con la consideración II del algoritmo se procede a encontrar el número mínimo de personas (W) que el local comercial debe contratar.

$$n = \text{máx. } (n_1, n_7)$$

$$n = 6$$

Consideración II. Cada persona requiere de un fin de semana libre cada 4 fines de semana

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 4$$

Por lo tanto,

$$W \geq (4 \times 6) / (4 - 1) = 8$$

$$W \geq 37/5 = 7.40$$

$$W \geq 6$$

Entonces, el número mínimo de empleados necesarios para satisfacer las condiciones operativas del negocio W es 8

Por consiguiente,

$$W - n = 8 - 6 = 2$$

Significa que se asignará un fin de semana libre a 2 empleados cada semana.

De acuerdo a este algoritmo se asignará un fin de semana libre completo, es decir sábado y domingo, a 2 empleados sin importar su condición de TC ó TP cada semana hasta completar el ciclo de 8 semanas. Sin embargo, como se puede observar en la resolución del algoritmo para cumplir con esta condición se necesita por lo menos 8 personas que trabajen en el local para que todos los trabajadores tengan los mismos beneficios en el trabajo. Actualmente, el local comercial funciona con 7 personas, y las TP que son trabajadores contratados por 24 horas semanales se les proporciona un solo día libre durante la semana, puesto que al ser trabajadores de medio tiempo su carga horaria diaria no es excesiva y de acuerdo al criterio del gerente del local un día de descanso cualquiera que este fuese es bueno para estos trabajadores por su condición de TP. Por lo tanto, para conservar esta organización y no incurrir en contrataciones adicionales, el algoritmo diseñado se modificará, y sólo se considerarán fines de semana libres para los TC, y los TP tendrán un día libre a la semana cualquiera que este fuese. Con esta consideración muy importante para el caso del local del Centro Comercial El Recreo se procede a asignar los fines de semana y días libres de cada uno de los trabajadores.

Para esta primera parte se utiliza la Investigación de Operaciones a través de un Modelo de Programación Lineal, en el cual la variable de decisión x_{ij} representa a una variable binaria igual a 1 si el trabajador i labora en el día j y, 0 si el trabajador i no trabaja en el día j . En este caso i representa el trabajador, $i = 1, 2, 3, \dots, W$. Como se explicó arriba, se trabajará el resultado en función a $W=7$ en lugar de $W=8$ que dio el algoritmo, esto para utilizar de forma óptima el recurso humano disponible en este

local. Los días de la semana están representados por j , es decir para una semana completa de trabajo, empezando en domingo y terminando en sábado, $j=1, 2, 3, \dots, 7$.

La Función Objetivo Z es la suma de todos los trabajadores durante una semana de trabajo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 x_{ij}$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

$$1. \text{ Número de trabajadores por día: } \sum_{i=1}^7 x_{ij} = 5 \quad \forall \quad j = 2, 6$$

$$\sum_{i=1}^7 x_{ij} = 6 \quad \text{para } j=1, 7$$

2. Días trabajados por cada uno de los empleados por semana:

$$\sum_{j=1}^7 x_{ij} = 5 \quad \text{para } i=1, 2, 3$$

$$\sum_{j=1}^7 x_{ij} \leq 6 \quad \text{para } i=4, 5, 6, 7$$

3. Asignación de fines de semana a través de variables excluyentes:

$$x_{11} \leq x_{17}$$

$$x_{21} \leq x_{27}$$

$$x_{31} \leq x_{37}$$

4. x_{ij} representa una variable binaria

5. Restricción de no negatividad $x_{ij} \geq 0$ para $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ y $j=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

El resultado hallado para el ciclo completo de 4 semanas de trabajo se encuentra expresado en la Tabla N°27. Se observa que se cubre con las necesidades de personal por día, es decir se satisfacen las condiciones III y IV descritas en la sección 1.2 y el requerimiento diario de personal expresado por el gerente de la tienda. Además, para satisfacer el requerimiento operativo de esta sección en adelante se considerará los 3 primeros trabajadores como TC y el resto como TP, en este caso los trabajadores 4, 5, 6 y 7. Si el análisis fuese realizado para el caso en que todos los trabajadores tienen un mismo horario de trabajo durante toda la semana, el algoritmo termina con la asignación de días libres. Sin embargo, para el caso de un local comercial que permanece abierto entre 10 y 11 horas diarias, es necesario definir cómo se distribuye cada uno de los trabajadores para satisfacer las condiciones operativas anteriormente expresadas en la Tabla N°22.

Tabla N° 27 Asignación de fines de semana y días libres para el personal, El Recreo

	Trabajador																																
		S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S	D		
TC	1	x	x					x			x	x						x	x												x	x	x
	2				x				x	x				x						x	x									x			
	3			x			x						x				x	x					x						x	x			
TP	4					x	x				x		x						x											x	x		
	5					x						x									x									x			
	6			x				x													x									x			
	7				x									x																x			

Para satisfacer las necesidades operativas por hora de trabajo, primero, se procederá con la definición de todos los posibles turnos que una persona puede trabajar en un mismo día, dichos turnos se expresan en la Tabla N°28.

Tabla N° 28 Definición de Turnos

Turno j	Definición	No. horas	Clasificación Trabajador
1	9:30 a 5:30	8	TC
2	10:30_6:30	8	
3	11:30_7:30	8	
4	12:30_8:30	8	
5	9:30 a 4:30	7	TP
6	10:30 a 5:30	7	
7	11:30 a 6:30	7	
8	12:30 a 7:30	7	
9	1:30 a 8:30	7	TP
10	9:30 a 3:30	6	
11	10:30 a 4:30	6	
12	11:30 a 5:30	6	
13	12:30 a 6:30	6	
14	1:30 a 7:30	6	
15	2:30 a 8:30	6	TP
16	9:30 a 2:30	5	
17	10:30 a 3:30	5	
18	11:30 a 4:30	5	
19	12:30 a 5:30	5	
20	1:30 a 6:30	5	
21	2:30 a 7:30	5	TP
22	3:30 a 8:30	5	
23	9:30 a 1:30	4	
24	10:30 a 2:30	4	
25	11:30 a 3:30	4	
26	12:30 a 4:30	4	
27	1:30 a 5:30	4	
28	2:30 a 6:30	4	
29	3:30 a 7:30	4	
30	4:30 a 8:30	4	

En las Tablas N°29 y N°30 se genera una matriz que denota las horas cubiertas por los diferentes turnos en un día normal de trabajo. La diferencia entre las dos tablas es que el turno que comprende la hora de 7:30 a 8:30 p.m. no funciona para los días domingos, por lo que se generan 25 posibles turnos en lugar de 30 turnos diarios. En la columna de la derecha se expresa el requerimiento operativo mínimo, y en el la

última fila se expresa el costo promedio que tendría cada uno de los distintos turnos trabajados.

Tabla N° 29 Programación de personal para local de El Recreo, Lunes a Sábado

Periodo	Periodos Cubiertos en un día																														Número mínimo de personas necesarias				
	Turno																																		
	TC				TP																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
9:30 a 10:30	1				1					1						1								1										2	
10:30 a 11:30	1	1			1	1				1	1					1	1							1	1									2	
11:30 a 12:30	1	1	1		1	1	1			1	1	1				1	1	1						1	1	1								2	
12:30 a 1:30	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1					1	1	1	1							3	
1:30 a 2:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1					1	1	1	1						3	
2:30 a 3:30	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					3	
3:30 a 4:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1					1	1	1	1				3	
4:30 a 5:30	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1				1	1	1	1	1					1	1	1	1			3	
5:30 a 6:30		1	1	1			1	1	1				1	1	1					1	1	1	1						1	1	1			3	
6:30 a 7:30			1	1				1	1					1	1							1	1								1	1		3	
7:30 a 8:30				1					1						1									1									1		3
Costo diario por turno	21.32				11.39				9.77				8.14				6.51																		

Tabla N° 30 Programación de personal para local de El Recreo, Domingo

Periodo	Periodos Cubiertos en un día																									Número mínimo de personas necesarias									
	Turno																																		
	TC					TP																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25										
9:30 a 10:30	1				1				1						1																				2
10:30 a 11:30	1	1			1	1			1	1					1	1																			2
11:30 a 12:30	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1			1	1	1																		2
12:30 a 1:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1																	4
1:30 a 2:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	4
2:30 a 3:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																4
3:30 a 4:30	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1															4
4:30 a 5:30	1	1	1		1	1	1			1	1	1				1	1	1	1																4
5:30 a 6:30		1	1				1	1				1	1						1	1	1														4
6:30 a 7:30			1					1					1								1														4
Costo diario por turno	21.32					11.39					9.77					8.14					6.51														

Para la resolución del problema del número de trabajadores asignados a los diferentes turnos para cumplir con los requerimientos mínimos por hora del local, se procede a formularlo a través de la Investigación de Operaciones de la siguiente forma:

x_j representa el número de trabajadores asignados a un turno j para $j = 1, 2, 3, \dots, 30$.

La función objetivo representa el costo de asignar cada uno de los trabajadores a los diferentes turnos. La definición de costos se encuentra expresada en el Anexo 1.

Minimizar

$$Z = 21.32 \sum_{i=1}^4 x_i + 11.39 \sum_{i=5}^9 x_i + 9.77 \sum_{i=10}^{15} x_i + 8.14 \sum_{i=16}^{22} x_i + 6.51 \sum_{i=23}^{30} x_i$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla 29.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $X_j \geq 0$

Consideraciones adicionales:

La primera restricción hace referencia al número de personas que deberá cubrir cualquiera de los 4 turnos posibles de 8 horas. Esta restricción es la única que va a variar dependiendo del día de trabajo, puesto que debe existir por lo menos 1 persona a tiempo completo, al observar la Tabla 27 se puede constatar que para el caso de este local comercial durante un ciclo completo de trabajo siempre existen 2 ó 3 personas TC que deben trabajar dependiendo del día. Para el modelo planteado anteriormente, se considera que un sólo TC se encuentra trabajando. La resolución del problema y los resultados completos se encuentran en el Anexo 3. Dichos resultados fueron obtenidos usando el programa computacional LINDO®²⁴. Adicionalmente, véase Anexo 3 en donde constan las resoluciones completas para los modelos cuando los requerimientos de TC cambian de 2 ó 3 personas por día.

Este planteamiento corresponde a la búsqueda de una solución para los días comprendidos desde lunes hasta viernes. Debido a que para los días sábados y domingos cambia el requerimiento de personal, a continuación se procederá a plantear nuevamente el algoritmo que se utiliza sólo para los días domingos:

Minimizar

$$Z = 21.32 \sum_{i=1}^3 x_i + 11.39 \sum_{i=4}^7 x_i + 9.77 \sum_{i=8}^{12} x_i + 8.14 \sum_{i=13}^{18} x_i + 6.51 \sum_{i=19}^{25} x_i$$

²⁴ ® Lindo systems. www.lindo.com

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla 30.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{22} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 4$$

2. Restricción de no negatividad: $X_j \geq 0$

Los resultados del problema planteado se encuentran en el Anexo 3.

4.2.2. Análisis de Resultados

Los siguientes resultados corresponden al número de personas que se asignarán a los diferentes turnos, los mismos que fueron previamente establecidos. Véase Tabla N°26 y N°28.

En la Tabla N° 31, se detalla las soluciones encontradas para los diferentes escenarios, es decir al trabajar con 1, 2 ó 3 personas TC de lunes a viernes. En la Tabla N°32 se detallan los resultados al trabajar con 2 ó 3 TC los sábados y, en la

Tabla N°33 se encuentran los resultados para los días domingos, esta diferenciación se realizó porque los domingos el centro comercial abre hasta las 7pm y los sábados hasta las 8pm, además de acuerdo al requerimiento expresado en la Tabla N°26, los fines de semana se requieren de 6 personas para operar en el local comercial de El Recreo.

Tabla N° 31 Solución para Local ubicado en El Recreo, Lunes a Viernes

N° TC	1		2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_4=1$	12:30 a 8:30	$x_1=1$	9:30 a 5:30	$x_1=2$	9:30 a 5:30
	$x_5=2$	9:30 a 4:30	$x_4=1$	12:30 a 8:30	$x_4=1$	12:30 a 8:30
	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30	$x_5=1$	9:30 a 4:30	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30
			$x_{30}=2$	4:30 a 8:30		
Total Trabajadores	5		5		5	

En las siguientes Tablas N°32 y N°33 se presenta la solución para local ubicado en El Recreo para los Fines de Semana

Tabla N° 32 Solución para local ubicado en El Recreo, Sábado

N° TC	2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_4=2$	12:30 a 8:30	$x_1=2$	9:30 a 5:30
	$x_5=2$	9:30 a 4:30	$x_4=2$	12:30 a 8:30
	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30	$x_5=1$	9:30 a 4:30
			$x_{30}=2$	4:30 a 8:30
Total Trabajadores	6		6	

Tabla N° 33 Solución para local ubicado en El Recreo, Domingo

N° TC	2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_3 = 2$	11:30 a 7:30	$x_3 = 3$	11:30 a 7:30
	$x_8 = 2$	9:30 a 3:30	$x_8 = 1$	9:30 a 3:30
	$x_{25} = 2$	3:30 a 7:30	$x_{19} = 1$	9:30 a 1:30
			$x_{25} = 1$	3:30 a 7:30
Total Trabajadores	6		6	

Como se puede observar en la resolución del problema planteado en la Tabla N°31, se respeta la disposición de 5 personas para trabajar de lunes a viernes. En las Tablas N°32 y N°33 corresponden a sábados y domingos, por lo que existen 6 personas para trabajar. En este caso se está organizando sus turnos diarios de trabajo dependiendo del caso (1, 2 ó 3 TC). Para verificación de resultados expuestos en la Tabla N°31, N°32 y N°33, véase Anexo 3 en donde constan las resoluciones completas de los diferentes escenarios.

Hasta este punto se han logrado cubrir las necesidades planteadas inicialmente como problema fundamental de la organización de personal para el sector de ventas al detalle. Se encuentran cubiertas las necesidades operativas del local comercial por horas de trabajo diario.

4.2.3. Evaluación de los resultados obtenidos

En esta sección se combinan los resultados encontrados anteriormente y, de esta forma se creará el horario semanal de trabajo para la tienda ubicada en El Recreo, la metodología usada empezará por crear el horario de trabajo respetando primero los fines de semana libres de cada uno de los trabajadores, luego se procederá a asignar el horario específico de cada uno de los colaboradores para que se pueda cumplir con el requerimiento operativo diario del local comercial. Los resultados expuestos a continuación reflejan el análisis para una semana, puesto que para la construcción del calendario cíclico, las condiciones de días se repiten, es decir una vez que en una semana se analizan los diferentes escenarios que se pueden presentar, se utilizará los diferentes patrones para las siguientes semanas de trabajo.

A continuación se utilizarán los resultados hallados para representarlos de forma que se construya un calendario de horarios de trabajo semanal. En la Tabla N°34 se representa los resultados obtenidos para los diferentes escenarios que pueden presentarse, es decir 1, 2 ó 3 TC. Estos resultados son válidos para la elaboración del calendario de horarios de lunes a viernes, y se demuestra que se satisface las condiciones operativas del local comercial de acuerdo a las diferentes horas de trabajo. De forma similar se realiza para sábados y domingos.

Tabla N° 34 Representación de los resultados encontrados para El Recreo, Lunes a Viernes

Horas de trabajo	Trabajadores TC y TP																	
	1				Requerimiento	2				Requerimiento	3				Requerimiento			
9:30 a 10:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
10:30 a 11:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
11:30 a 12:30		TP	TP			2	TC		TP			2	TC	TC				2
12:30 a 1:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
1:30 a 2:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
2:30 a 3:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
3:30 a 4:30	TC	TP	TP			3	TC	TC	TP			3	TC	TC	TC			3
4:30 a 5:30	TC			TP	TP	3	TC	TC		TP	TP	4	TC	TC	TC	TP	TP	5
5:30 a 6:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3
6:30 a 7:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3
7:30 a 8:30	TC			TP	TP	3		TC		TP	TP	3			TC	TP	TP	3

Cabe recalcar que en la Tabla N°34, se nota que existen mayor número de personas que las requeridas a ciertas horas del día, celdas sombreadas, dichas horas hombre sobrantes pueden ser empleadas en otros días de trabajo, es decir cuando haya mercadería ó para cubrir las horas que faltan en viernes y sábado.

Al continuar con el análisis, en la Tabla N°34 se representan los resultados encontrados para formar el calendario semanal de trabajo. Se consideró la primera semana de trabajo de la Tabla N°27, de esta forma se respeta los fines de semana y días libres de los TC y TP, luego en un análisis posterior se definirá si los trabajadores tiempo parcial son de 32 ó de 24 horas. En la Tabla N°35 se consolidan los resultados de la Tabla N°27, N°31, N°32 y N°33 para la organización de personal. Primero, se asignan los trabajadores de acuerdo a su clasificación TC ó TP, por ejemplo en semana de trabajo No. 1 de la Tabla N°27, de acuerdo a esta tabla los

trabajadores 1, 2 y 3 son TC y el primer domingo del ciclo, trabajan los TC 2 y 3, y se les asignará el turno correspondiente de acuerdo a la Tabla N°31 (11:30 a 7:30).

Segundo, el resto de trabajadores TP se asignan a los diferentes turnos de acuerdo a la misma Tabla N°27 y van ocupando los diferentes resultados expresados en la Tabla N°31.

Finalmente, se realiza una sumatoria de las horas trabajadas semanalmente, y en la parte 3) de la Tabla N°35 se puede observar que cada uno de los 7 trabajadores cumple con su ciclo de horas de trabajo. Notar que para los domingos no hay trabajadores asignados al horario de 7:30 a 8:30 p.m. de acuerdo a las especificaciones y soluciones.

Tabla N° 35 Representación de horario semanal de trabajo para El Recreo

1)

	2				2				2				3				2				2				2				
	Domingo				Lunes				Martes				Miércoles				Jueves				Viernes				Sábado				
9:30 a 10:30			TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TP	TP	
10:30 a 11:30			TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TP	TP	
11:30 a 12:30	TC	TC	TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TP	TP	
12:30 a 1:30	TC	TC	TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP	
1:30 a 2:30	TC	TC	TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP	
2:30 a 3:30	TC	TC	TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP	
3:30 a 4:30	TC	TC			TP	TP	TC	TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP
4:30 a 5:30	TC	TC			TP	TP	TC	TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP
5:30 a 6:30	TC	TC			TP	TP	TC	TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP
6:30 a 7:30	TC	TC			TP	TP	TC	TC	TP			TC	TP			TC	TC			TC	TP			TC	TP			TC	TP
7:30 a 8:30							TC	TP	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TP			TC	TP

2)

	2				2				2				3				2				2				2								
	Domingo				Lunes				Martes				Miércoles				Jueves				Viernes				Sábado								
9:30 a 10:30			4	5			1	4			1	4			1	2			1	5			2	4			4	5					
10:30 a 11:30			4	5			1	4			1	4			1	2			1	5			2	4			4	5					
11:30 a 12:30	2	3	4	5			1	4			1	4			1	2			1	5			2	4			4	5					
12:30 a 1:30	2	3	4	5			1	2	4			1	3	4			1	2	3			1	2	5			2	3	4				
1:30 a 2:30	2	3	4	5			1	2	4			1	3	4			1	2	3			1	2	5			2	3	4				
2:30 a 3:30	2	3	4	5			1	2	4			1	3	4			6	1	2	3			1	2	5			2	3	4			
3:30 a 4:30	2	3					6	7	1	2	4			1	3			6	1	2	3			1	2	5			2	3	4		
4:30 a 5:30	2	3					6	7	1	2	4			5	6	1	2	3	6	7	1	2			6	7	2	3	4	5	6	7	
5:30 a 6:30	2	3					6	7	1	2	4			5	6	1	2	3	6	7	1	2			6	7	2	3	4	5	6	7	
6:30 a 7:30	2	3					6	7	1	2	4			5	6	1	2	3	6	7	1	2			6	7	2	3	4	5	6	7	
7:30 a 8:30							2	5	7	3			5	6			3	6	7	2			6	7	3		5	7	1	3		6	7

3)

Trabajador	h/hombre	Clasificación
1	40	TC
2	40	TC
3	40	TC
4	32	TP de 32 h
5	32	TP de 32 h
6	22	TP de 24 h
7	24	TP de 24 h

4.3. Consideraciones operativas iniciales para el sector de venta de calzado, Local Megamaxi

A continuación en la Tabla N°36, se presentan los requerimientos operativos de personal para el funcionamiento adecuado de la tienda ubicada en el Centro Comercial Megamaxi de la 6 de Diciembre. Estos datos fueron obtenidos mediante entrevistas verbales con el gerente del local, quien en base a su experiencia ha definido el número de personas que requieren durante las diferentes horas de trabajo para atender a los clientes que llegan al establecimiento.

**Tabla N° 36 Requerimiento Operativo de Personal para El Megamaxi
Número de Personas Requeridas por Hora**

Horario	Domingo ²⁵	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
9:30 a 10:30	1	1	1	1	1	1	2
10:30 a 11:30	1	1	1	1	1	1	2
11:30 a 12:30	1	1	1	1	1	1	2
12:30 a 1:30	3	3	3	3	3	3	3
1:30 a 2:30	3	3	3	3	3	3	3
2:30 a 3:30	3	3	3	3	3	3	3
3:30 a 4:30	3	3	3	3	3	3	3
4:30 a 5:30	3	3	3	3	3	3	3
5:30 a 6:30	3	3	3	3	3	3	3
6:30 a 7:30	3	3	3	3	3	3	3
7:30 a 8:30	-	3	3	3	3	3	3
	24	27	27	27	27	27	30

Requerimiento total: 189 horas hombre

En la Tabla N°37 se muestra un resumen del funcionamiento actual de la tienda de Megamaxi, en la misma se encuentran la clasificación de los empleados como Tiempo Completo (TC) ó tiempo parcial (TP), se puede observar que en este local trabajan 3 personas Tiempo Completo y 3 Tiempo Parcial. Adicionalmente, se

²⁵ Los días domingos el Centro Comercial cierra a las 7 pm, y el local trabaja hasta las 7:30pm

encuentra un análisis de las horas que se obtendrían con las personas que trabajan semanalmente en la tienda en comparación a las horas que realmente están trabajando.

Tabla N° 37 Funcionamiento operativo actual tienda El Recreo por semana de trabajo

Actual			
Clasificación trabajadores	TC	TP	
Horas contratadas por trabajador	40	32	24
Número trabajadores	3	1	2
Total horas convenidas	120	32	48
Total horas trabajadas	120	31	48

En esta sección se especifica cómo se encontró las horas trabajadas semanalmente. Estos datos fueron proporcionados por el gerente de cada local, quien elabora sus calendarios de trabajo semanales que les permiten cubrir sus requerimientos de personal. Cabe destacar que este análisis fue realizado para dos meses de trabajo, tomándose 8 semanas consecutivas. A continuación en la Tabla 38 se muestra un ejemplo del calendario de una semana de trabajo de todos los trabajadores. En el caso de este local, los trabajadores no presentan horas excesivas de trabajo, al contrario, según la Tabla N°37, este local necesita menor número de horas de las que se contratan.

Tabla N° 38 Calendarios de personal utilizado en el Megamaxi

Trabajador	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total horas
1	Libre	8	8	8	Libre	8	8	40
2	8	Libre	8	8	8	Libre	8	40
3	8	8	Libre	Libre	8	8	8	40
4	Libre	5	5	5	Libre	4	5	24
5	5	5	4	Libre	5	5	Libre	24
6	6	Libre	7	7	6	Libre	5	31
								199

Total de horas hombre trabajadas en una semana: 199

A los trabajadores se los ha denominado del 1 al 6, omitiéndose nombres específicos de cada uno de ellos.

La jerarquía utilizada es de mayor a menor, es decir al principio de la lista se encuentran los trabajadores tiempo completo y luego los tiempo parcial, y a continuación en la Tabla N°39 se muestra un cuadro comparativo de las horas contratadas de trabajo supuestas de cada persona en comparación con las horas trabajadas actualmente, en el caso de este local y al realizar un análisis de 8 semanas consecutivas de trabajo, se pudo notar que en forma general todos los trabajadores cumplen con sus horas de trabajo contratadas, es decir no hay excesos.

Tabla N° 39 Cuadro comparativo de horas hombre trabajadas

Trabajador	Horas trabajadas	Horas contratadas	Exceso
1	40	40	0
2	40	40	0
3	40	40	0
4	31	32	-1
5	24	24	0
6	24	24	0
	199	200	0

Como se observa en la Tabla N°39 para cumplir con el requerimiento operativo de la tienda existe una hora adicional que no está siendo utilizada y, el resto de trabajadores cumple normalmente con sus horas de trabajo contratadas. Al continuar con el análisis se puede observar que existen horas en las cuales se cruzan horarios, es decir hay más personas de las requeridas en ciertas horas. Esta situación será

sujeta a modificación con el modelo propuesto, ya que se busca optimizar los recursos utilizando sólo el número de personas necesario.

	Domingo	No.T	Req.	Dif.	Lunes	No.T	Req.	Dif.	Martes	No.T	Req.	Dif.	Miércoles	No.T	Req.	Dif.
9:30-10:30		1	1	0		1	1	0		1	1	0		1	1	0
10:30-11:30		1	1	0		1	1	0		1	1	0		1	1	0
11:30-12:30		2	1	1		1	1	0		1	1	0		1	1	0
12:30-1:30		2	3	-1		2	3	-1		2	3	-1		2	3	-1
1:30-2:30		3	3	0		2	3	-1		3	3	0		3	3	0
2:30-3:30		4	3	1		2	3	-1		3	3	0		3	3	0
3:30-4:30		4	3	1		4	3	1		4	3	1		4	3	1
4:30-5:30		4	3	1		4	3	1		5	3	2		4	3	1
5:30-6:30		3	3	0		3	3	0		4	3	1		3	3	0
6:30-7:30		3	3	0		3	3	0		4	3	1		3	3	0
7:30-8:30		3	3	0		3	3	0		4	3	1		3	3	0

	Jueves	No.T	Req.	Dif.	Viernes	No.T	Req.	Dif.	Sábado	No.T	Req.	Dif.
		1	1	0		1	1	0		2	2	0
		1	1	0		1	1	0		2	2	0
		1	1	0		1	1	0		2	2	0
		2	3	-1		2	3	-1		4	3	1
		2	3	-1		2	3	-1		4	3	1
		3	3	0		2	3	-1		3	3	0
		4	3	1		3	3	0		4	3	1
		4	3	1		4	3	1		4	3	1
		3	3	0		3	3	0		3	3	0
		3	3	0		3	3	0		3	3	0
		3	3	0		3	3	0		3	3	0

Figura N° 4 Utilización actual del recurso humano, Megamaxi

Como se puede observar en la Figura N°4, el funcionamiento del local puede verse afectado por variaciones de personal que trabaja para cumplir su horario semanal, aún cuando esto no sea necesario y, viceversa existen horas en las cuales se necesita mayor número de personas que las que se encuentran trabajando en el local. En la columna final de cada día se expresa la diferencia de horas hombre con las horas que realmente se obtienen, los números negativos indican falta de personal a ciertas horas de trabajo durante un día, mientras los números positivos expresan exceso de personal.

4.3.1. Análisis y modelamiento de escenarios operativos en función de los recursos disponibles usando la Investigación de Operaciones

En esta sección se aplica la Investigación de Operaciones para resolver el problema de la programación de personal para el local de Megamaxi mediante la utilización del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

A continuación en la Tabla N° 40 se presenta el número mínimo de personas que deben trabajar en el local para cumplir con los requerimientos operativos expresados inicialmente por el gerente del establecimiento, esto corresponde a la consideración I del algoritmo descrito en la Sección 1.2.

Tabla N° 40. Requerimiento diario de personal, Megamaxi

día j	1	2	3	4	5	6	7
	D	L	M	I	J	V	S
Requerimiento	4	4	4	4	4	4	5

Continuando con la consideración II del algoritmo se procede a encontrar el mínimo número de personas (W) que el local comercial debe contratar.

$$n = \max(n_1, n_7)$$

$$n = 5$$

Consideración II. Un fin de semana libre cada cuatro

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 4$$

Por lo tanto,

$$W \geq (4 \times 5) / (4 - 1) = 7$$

$$W \geq 29/5 = 5.80$$

$$W \geq 5$$

Se deduce que: $W = 7$

$$W-n = 7-5 = 2$$

Se asignará un fin de semana libre a 2 empleados cada semana.

De acuerdo a la resolución del algoritmo se necesitan de al menos 7 personas para cubrir con el requerimiento operativo de local comercial y se pueden asignar un fin de semana libre completo, es decir sábado y domingo, a 2 empleados sin importar su condición de TC ó TP cada semana hasta completar el ciclo de 7 semanas. Sin embargo, al analizar la organización de turnos y generación de horarios semanales se pudo notar que en el caso de este local comercial existen cruces de turnos, es decir en determinadas horas de día existe más gente de la que debería lo que no genera bienestar para el negocio. Por esta razón se procederá a organizar el calendario de trabajo semanal sólo con las personas que actualmente trabajan en el local (6), puesto que aumentar una persona no constituye ningún beneficio para la organización, al contrario sería un costo adicional innecesario.

A continuación se procede a asignar los fines de semana y días libres de cada uno de los trabajadores.

Para esta primera parte se utiliza la Investigación de Operaciones a través de un Modelo de Programación Lineal, en el cual la variable de decisión x_{ij} representa a una variable binaria igual a 1 si el trabajador i labora en el día j y, 0 si el trabajador i no trabaja en el día j . En este caso i representa el trabajador, $i = 1, 2, 3, \dots, W$. Como se explicó arriba, se trabajará el resultado en función a $W=6$ en lugar de $W=7$ que dio

el algoritmo, esto para utilizar el recurso humano disponible en este local. Los días de la semana están representados por j , es decir para una semana completa de trabajo, empezando en domingo y terminando en sábado, $j=1, 2, 3, \dots, 7$.

La Función Objetivo Z es la suma de todos los trabajadores durante una semana de trabajo.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 x_{ij}$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

$$1. \text{ Número de trabajadores por día: } \sum_{i=1}^6 x_{ij} \leq 4 \quad \forall j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$$\sum_{i=1}^6 x_{ij} \leq 5 \quad \text{para } j=7$$

$$2. \text{ Días trabajados por cada uno de los empleados: } \sum_{j=1}^7 x_{ij} = 5 \quad \forall i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

3. Asignación de fines de semana a través de variables excluyentes:

$$x_{11} \leq x_{21}$$

$$x_{11} \leq x_{31}$$

$$x_{21} \leq x_{31}$$

4. x_{ij} representa una variable binaria

5. Restricción de no negatividad $x_{ij} \geq 0$ para $i=1, 2, 3, 4, 5, 6$ y $j=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

El resultado hallado para el ciclo completo de 4 semanas de trabajo se encuentra expresado en la Tabla N° 38. Se observa que se cubre con las necesidades de

personal por día, es decir se satisfacen las condiciones III y IV descritas en la sección 1.2 y el requerimiento diario de personal expresado por los gerentes de las diferentes tiendas. Además, para satisfacer el requerimiento operativo de esta sección en adelante se considerará los 3 primeros trabajadores como TC y el resto como TP, en este caso los trabajadores 4, 5 y 6. Si el análisis fuese realizado para el caso en que todos los trabajadores tienen un mismo horario de trabajo durante toda la semana, el algoritmo termina con la asignación de días libres. Sin embargo, para el caso de un local comercial que permanece abierto entre 10 y 11 horas diarias, es necesario definir cómo se distribuye cada uno de los trabajadores para satisfacer las condiciones operativas anteriormente expresadas en la Tabla N° 36.

Tabla N° 41 Asignación de fines de semana y días libres para el personal, Megamaxi

	Trabajador																													
		S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S	D	L	M	I	J	V	S
TC	1	x	x				x			x	x						x	x											x	x
	2				x			x	x				x							x	x			x	x					
	3			x			x						x			x	x					x					x	x		
TP	4				x	x				x		x					x				x				x	x				
	5				x	x					x			x			x			x				x				x		
	6		x	x				x		x					x					x					x				x	

Para satisfacer las necesidades operativas por hora de trabajo, primero, se procederá con la definición de todos los posibles turnos que una persona X puede trabajar en un mismo día. De esta forma los cuatro primeros horarios corresponden a horarios de 8 horas que serán asignados exclusivamente a los trabajadores TC, los 5 siguientes horarios corresponden a turnos de 7 horas para los trabajadores TP y así sucesivamente de acuerdo a lo que se presenta en la Tabla N° 42.

Tabla N° 42 Definición de Turnos

Turno j	Definición	No. horas	Clasificación Trabajador
1	9:30 a 5:30	8	TC
2	10:30_6:30	8	
3	11:30_7:30	8	
4	12:30_8:30	8	
5	9:30 a 4:30	7	TP
6	10:30 a 5:30	7	
7	11:30 a 6:30	7	
8	12:30 a 7:30	7	
9	1:30 a 8:30	7	TP
10	9:30 a 3:30	6	
11	10:30 a 4:30	6	
12	11:30 a 5:30	6	
13	12:30 a 6:30	6	
14	1:30 a 7:30	6	
15	2:30 a 8:30	6	TP
16	9:30 a 2:30	5	
17	10:30 a 3:30	5	
18	11:30 a 4:30	5	
19	12:30 a 5:30	5	
20	1:30 a 6:30	5	
21	2:30 a 7:30	5	TP
22	3:30 a 8:30	5	
23	9:30 a 1:30	4	
24	10:30 a 2:30	4	
25	11:30 a 3:30	4	
26	12:30 a 4:30	4	
27	1:30 a 5:30	4	
28	2:30 a 6:30	4	
29	3:30 a 7:30	4	
30	4:30 a 8:30	4	

Luego, en las Tablas N° 43 y N° 44 se genera una matriz que denota las horas cubiertas por los diferentes turnos en un día normal de trabajo. La diferencia entre las dos tablas es que el turno que comprende la hora de 7:30 a 8:30 p.m. no funciona para los días domingos. En la columna de la derecha se expresa el requerimiento operativo mínimo, y en la última fila se expresa el costo promedio que tendría cada uno de los distintos turnos trabajados.

Tabla Nº 43 Programación de personal para local de Megamaxi, Lunes a Sábado

Periodo	Periodos Cubiertos en un día																														Número mínimo de personas necesarias					
	Turno																																			
	TC				TP																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
9:30 a 10:30	1				1					1						1																	1	1		
10:30 a 11:30	1	1			1	1				1	1					1	1							1	1									1	1	
11:30 a 12:30	1	1	1		1	1	1			1	1	1				1	1	1						1	1	1								1	1	
12:30 a 1:30	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1					1	1	1	1								1	3
1:30 a 2:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1					1	1	1	1							1	3
2:30 a 3:30	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	3
3:30 a 4:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1					1	1	1	1					1	3
4:30 a 5:30	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1				1	1	1	1						1	1	1	1				1	3
5:30 a 6:30		1	1	1		1	1	1				1	1	1						1	1	1							1	1	1				1	3
6:30 a 7:30			1	1			1	1						1	1							1	1									1	1		1	3
7:30 a 8:30				1					1						1								1										1		1	3
Costo diario por turno	21.32				11.39					9.77					8.14					6.51																

Tabla Nº 44. Programación de personal para local de Megamaxi, Domingo

Periodo	Periodos Cubiertos en un día																									Número mínimo de personas necesarias											
	Turno																																				
	TC					TP																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25												
9:30 a 10:30	1				1				1					1						1															1	1	
10:30 a 11:30	1	1			1	1				1	1				1	1					1	1														1	1
11:30 a 12:30	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1			1	1	1				1	1	1													1	1
12:30 a 1:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1				1	1	1	1											1	3
1:30 a 2:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1											1	3
2:30 a 3:30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1										1	3
3:30 a 4:30	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1					1	1	1	1									1	3
4:30 a 5:30	1	1	1		1	1	1			1	1	1				1	1	1	1							1	1	1								1	3
5:30 a 6:30		1	1			1	1				1	1						1	1	1									1	1						1	3
6:30 a 7:30			1				1					1							1														1			1	3
Costo diario por turno	21.32					11.39					9.77					8.14					6.51																

Para la resolución del problema se procede a formularlo a través de la Investigación de Operaciones de la siguiente forma:

x_j representa el número de trabajadores asignados a un turno j para $j = 1, 2, 3, \dots, 30$.

La función objetivo representa el costo de asignar cada uno de los trabajadores a los diferentes turnos. La definición de costos se encuentra expresada en el Anexo 1.

Minimizar

$$Z = 21.32 \sum_{i=1}^4 x_i + 11.39 \sum_{i=5}^9 x_i + 9.77 \sum_{i=10}^{15} x_i + 8.14 \sum_{i=16}^{22} x_i + 6.51 \sum_{i=23}^{30} x_i$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla N° 43.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{21} + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_i > 0$

Consideraciones adicionales:

La primera restricción hace referencia al número de personas que deberá cubrir cualquiera de los 4 turnos posibles de 8 horas. Esta restricción es la única que va a variar dependiendo del día de trabajo, puesto que debe existir por lo menos 1 persona a tiempo completo, pero ciertos días de trabajo habrá 2 ó 3 personas TC

que deben trabajar dependiendo del día, y como el algoritmo fue diseñado para que sólo 2 personas tengan días libres, por lo menos existirá una persona tiempo completo para trabajar, la misma deberá encargarse de la apertura o cierre del local. Para el modelo planteado anteriormente, se considera que un sólo TC se encuentra trabajando. La resolución del problema y los resultados completos se encuentran en el Anexo 4. Dichos resultados fueron obtenidos usando el programa computacional LINDO®²⁶.

Adicionalmente, para el día sábado cambia la parte derecha de las restricciones, puesto que el requerimiento de personal aumenta en 1, es decir en lugar de tener 1 persona en la mañana y 3 al cierre, los días sábados se tendrá 2 y 4 personas en las horas respectivas. Véase Anexo 4 en donde constan las resoluciones completas para los modelos cuando los requerimientos de TC cambian de 2 ó 3 personas por día.

Este planteamiento corresponde a la búsqueda de una solución para los días comprendidos desde lunes hasta viernes. Debido a que para los días sábados y domingos cambia el requerimiento de personal, a continuación se procederá a plantear nuevamente el algoritmo que se utiliza sólo para los días domingos:

Minimizar

$$Z = 21.32 \sum_{i=1}^3 x_i + 11.39 \sum_{i=4}^7 x_i + 9.77 \sum_{i=8}^{12} x_i + 8.14 \sum_{i=13}^{18} x_i + 6.51 \sum_{i=19}^{25} x_i$$

²⁶ ® Lindo systems. www.lindo.com

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla N° 44.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_2 \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j \geq 0$

4.3.2. Análisis de Resultados

Los siguientes resultados corresponden al número de personas que se asignarán a los diferentes turnos, los mismos que fueron previamente establecidos. Véase Tabla N° 42.

A continuación se detalla la solución encontrada para los diferentes escenarios, es decir al trabajar con 2 ó 3 personas TC. En este caso existirán al menos 2 TC, puesto que los fines de semana libres son preferenciales para los TC y, con 3 TC significa que si 1 TC tiene un fin de semana libre, los otros dos estarán trabajando (Tabla N°45).

Tabla N° 45 Solución para Local ubicado en Megamaxi, Lunes a Viernes

N° TC	2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_4=2$	12:30 a 8:30	$x_1 =1$	9:30 a 5:30
	$x_5=1$	9:30 a 4:30	$x_4 =2$	12:30 a 8:30
	$x_{30}=1$	4:30 a 8:30	$x_{30} =1$	4:30 a 8:30
Total Trabajadores	4		4	

A continuación en las Tablas N° 46 y N° 47, se expresa la solución para local ubicado en El Megamaxi para los Fines de Semana:

Tabla N° 46 Solución para local ubicado en El Megamaxi, Sábado

N° TC	2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_1=1$	9:30 a 5:30	$x_1 =2$	9:30 a 5:30
	$x_4=1$	12:30 a 8:30	$x_4 =1$	12:30 a 8:30
	$x_5 =1$	9:30 a 4:30	$x_{30} =2$	4:30 a 8:30
	$x_{30}=2$	4:30 a 8:30		
Total Trabajadores	5		5	

Tabla N° 47 Solución para local ubicado en El Megamaxi, Domingo

N° TC	2		3	
	Solución	Turno	Solución	Turno
Resultados	$x_3 = 2$	11:30 a 7:30	$x_3 = 3$	11:30 a 7:30
	$x_8 = 1$	9:30 a 3:30	$x_{19} = 1$	9:30 a 1:30
	$x_{25} = 1$	3:30 a 7:30		
Total Trabajadores	4		4	

Como se puede observar en la resolución del problema planteado en la Tabla N° 45, se respeta la disposición de 4 personas para trabajar y, lo que se está haciendo es

organizando sus turnos diarios de trabajo dependiendo del caso (2 ó 3 TC). Para verificar resultados expuestos en la Tabla N° 45, N° 46 y N° 47, véase Anexo 4 en donde constan las resoluciones completas de los diferentes escenarios.

Hasta este punto se han logrado cubrir las necesidades planteadas inicialmente como problema fundamental de la organización de personal para este sector de ventas al detalle, se han asignado fines de semana y días libres para todos los trabajadores y se encuentran cubiertas las necesidades operativas del local comercial por horas de trabajo diario.

4.3.3. Evaluación de los resultados obtenidos

En esta sección se combinan los resultados encontrados anteriormente y, se creará el horario semanal de trabajo para la tienda ubicada en El Megamaxi, la metodología usada empezará por crear el horario de trabajo respetando primero los fines de semana libres de cada uno de los trabajadores, luego se procederá a asignar el horario específico de cada uno de los colaboradores para que se pueda cumplir con el requerimiento operativo diario del local comercial. Los resultados expuestos a continuación reflejan el análisis para una semana, puesto que para la construcción del calendario cíclico, las condiciones de días se repiten, es decir una vez que en una semana se analizan los diferentes escenarios que se pueden presentar, se utilizará los diferentes patrones para las siguientes semanas de trabajo.

En la Tabla N° 48 se representa los resultados obtenidos para los diferentes escenarios que pueden presentarse, es decir 2 ó 3 TC. Estos resultados son válidos

para la elaboración del calendario de horarios de lunes a viernes, y se demuestra que se satisface las condiciones operativas del local comercial de acuerdo a las diferentes horas de trabajo. De forma similar se realiza para sábados y domingos.

Tabla N° 48 Representación de los resultados encontrados para El Megamaxi, Lunes a Viernes

Horas de trabajo	Trabajadores TC y TP							
	2			Requerimiento	3			Requerimiento
9:30 a 10:30			TP	1	TC			1
10:30 a 11:30			TP	1	TC			1
11:30 a 12:30			TP	1	TC			1
12:30 a 1:30	TC	TC	TP	3	TC	TC	TC	3
1:30 a 2:30	TC	TC	TP	3	TC	TC	TC	3
2:30 a 3:30	TC	TC	TP	3	TC	TC	TC	3
3:30 a 4:30	TC	TC	TP	3	TC	TC	TC	3
4:30 a 5:30	TC	TC	TP	3	TC	TC	TC	4
5:30 a 6:30	TC	TC	TP	3		TC	TC	3
6:30 a 7:30	TC	TC	TP	3		TC	TC	3
7:30 a 8:30	TC	TC	TP	3		TC	TC	3

Cabe recalcar que en la Tabla N° 48, se nota que existen mayor número de personas que las requeridas a ciertas horas del día (celdas sombreadas), dichas horas hombre sobrantes pueden ser empleadas en otros días de trabajo, es decir cuando haya mercadería ó para cubrir las horas que faltan en viernes y sábado.

Al continuar con el análisis, en la Tabla N° 49 se presentan los resultados encontrados para formar el calendario semanal de trabajo. Se consideró la primera semana de trabajo de la Tabla N° 47, de esta forma se respeta los fines de semana y

días libres de los TC y TP, luego en un análisis posterior se definirá si los trabajadores tiempo parcial son de 32 ó de 24 horas.

En la Tabla N° 49 se consolidan los resultados de la Tabla N° 41, N° 45, N° 46 y N°47 para la organización de personal.

Primero, se asignan los trabajadores de acuerdo a su clasificación TC ó TP, considerándose la semana de trabajo No. 1 de la Tabla N° 41, es decir de acuerdo a esta tabla los trabajadores 2 y 3 son TC y el primer domingo del ciclo, trabajan los TC 2 y 3, y se les asignará el turno correspondiente de acuerdo a la Tabla N° 45 (11:30 a 7:30).

Segundo, el resto de trabajadores TP se asignan a los diferentes turnos de acuerdo a la misma Tabla N° 41 y van ocupando los diferentes resultados expresados en la Tabla N° 45, N° 46 y N° 47.

Finalmente, se realiza una sumatoria de las horas trabajadas semanalmente, y en la parte 3) de la Tabla N° 49 se puede observar que cada uno de los 6 trabajadores cumple con su ciclo de horas de trabajo. Notar que para los domingos no hay trabajadores asignados al horario de 7:30 a 8:30 p.m. de acuerdo a las especificaciones y soluciones.

Tabla N° 49. Representación de horario semanal de trabajo para El Megamaxi

1)	2			2			2			3			2			2			2						
	Domingo			Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado						
9:30 a 10:30			TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
10:30 a 11:30			TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
11:30 a 12:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
12:30 a 1:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC			TC	TC	TP			TC	TC	TP	
1:30 a 2:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC			TC	TC	TP			TC	TC	TP	
2:30 a 3:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC			TC	TC	TP			TC	TC	TP	
3:30 a 4:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC			TC	TC	TP			TC	TC	TP	
4:30 a 5:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC	TP		TC	TC	TP			TC	TC	TP	TP
5:30 a 6:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC	TP		TC	TC	TP			TC	TC	TP	TP
6:30 a 7:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC	TC	TC	TP		TC	TC	TP			TC	TC	TP	TP
7:30 a 8:30						TP			TP			TC	TC	TP			TC	TC	TP			TC	TC	TP	TP
Total Trabaj.	4			4			4			4			4			4			5						

2)	2			2			2			3			2			2			2										
	Domingo			Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado										
9:30 a 10:30			4			4			6		1					5			4			1	4						
10:30 a 11:30			4			4			6		1					5			4			1	4						
11:30 a 12:30	2	3	4			4			6		1					5			4			1	4						
12:30 a 1:30	2	3	4		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	4		
1:30 a 2:30	2	3	4		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	4		
2:30 a 3:30	2	3	4		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	4		
3:30 a 4:30	2	3	6		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	4		
4:30 a 5:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		1	2	3	6		1	2	6		2	3	5		1	3	5	6
5:30 a 6:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	5	6	6	
6:30 a 7:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	5	6	6	
7:30 a 8:30					1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	5	6	6	

3) Trabajador	h/hombre	Clasificación
1	40	TC
2	40	TC
3	40	TC
4	31	TP de 32 h
5	19	TP de 24 h
6	23	TP de 24 h

Como resultado de la Tabla N° 49 se puede notar que los TP no están cubriendo su cupo de horas asignadas, en el caso del trabajador 4 aparentemente sería un trabajador de 32 horas porque se necesita que trabaje 30, sin embargo al redistribuir las horas de los TC se logró conseguir que en lugar de que el local opere con un TP de 32 horas y dos TP de 24h, trabaje con 3 TP de 24 horas. El resultado final se encuentra expresado en la Tabla N° 50.

Tabla N° 50 Representación de horario semanal de trabajo para El Megamaxi

1)	2			2			2			3			2			2			2						
	Domingo			Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado						
9:30 a 10:30			TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
10:30 a 11:30			TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
11:30 a 12:30	TC	TC	TP			TP			TP			TC					TP			TP			TC	TP	
12:30 a 1:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TC		TC	TC	TP		TC	TC	TP		
1:30 a 2:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TC		TC	TC	TP		TC	TC	TP		
2:30 a 3:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TC		TC	TC	TP		TC	TC	TP		
3:30 a 4:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TC		TC	TC	TP		TC	TC	TP		
4:30 a 5:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TC	TP	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TP
5:30 a 6:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TP
6:30 a 7:30	TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TP
7:30 a 8:30					TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TC	TC	TP		TP
Total Trabaj.	4			4			4			4			4			4			5						

2)	2			2			2			3			2			2			2									
	Domingo			Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado									
9:30 a 10:30			4			4			6		1				5			4		1		5						
10:30 a 11:30			4			4			6		1				5			4		1		5						
11:30 a 12:30	2	3	4			4			6		1				5			4		1		5						
12:30 a 1:30	2	3	4		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	5	
1:30 a 2:30	2	3	4		1	2	4		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	5	
2:30 a 3:30	2	3	6		1	2	5		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	5	
3:30 a 4:30	2	3	6		1	2	5		1	3	6		1	2	3		1	2	5		2	3	4		1	3	5	
4:30 a 5:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		1	2	3	6		1	2	6		2	3	5		1	3	6
5:30 a 6:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	4	6	
6:30 a 7:30	2	3	6		1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	4	6	
7:30 a 8:30					1	2	5		1	3	4		2	3	6		1	2	6		2	3	5		3	4	6	

3)	Trabajador	h/hombre	Clasificación
	1	40	TC
	2	40	TC
	3	40	TC
	4	24	TP de 24 h
	5	24	TP de 24 h
	6	24	TP de 24 h

De esta forma se pueden realizar los horarios semanales de trabajo para todos los empleados de la tienda hasta completar sus ciclos completos de trabajo respetando días libres, considerando descansos y brindando bienestar al recurso humano que trabaja diariamente.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Los modelos matemáticos utilizados se pueden emplear en cualquier tipo de negocio de venta al detalle, basta con identificar las necesidades operativas del local.
- Se asignaron el número de trabajadores que cumple con las necesidades operativas de cada uno de los diferentes locales comerciales.
- Debido al uso de diferentes algoritmos, se crearon calendarios que pueden ser usados en forma cíclica, y dependiendo del local y las necesidades del mismo la creación de horarios se facilita para los gerentes de los locales.
- Con la asignación adecuada de personal se garantiza que existan suficiente número de personas trabajando para atender/asesorar a los clientes que realizan sus compras de zapatos.
- El espacio físico de cada local es el asignado por el mismo centro comercial. Sin embargo, las condiciones de trabajo no son las más adecuadas para todos, en el caso del local ubicado en el Quicentro este un local pequeño, sin bodega de almacenamiento y sin la ventilación adecuada tanto para clientes como para empleados.
- Se concluye que para el manejo global del personal de atención se tienen tres esquemas, uno para cada local de los diferentes centros comerciales.
- Se dificulta el manejo de personal por la diversidad de esquemas utilizados para cubrir las necesidades de cada local.

- Inicialmente se intentó resolver todo el problema de programación de personal y elaboración de calendarios de trabajo mediante un solo planteamiento. Sin embargo, no se contó con un software que permita la resolución del problema debido al elevado número de variables y restricciones que se manejaron.
- Este proyecto permitió generar nuevos calendarios de trabajo que respetan los días libres de los trabajadores y se cumplen a cabalidad con las horas contradas por la empresa.
- En el caso de los locales ubicados en El Recreo y Megamaxi se generó una re-organización del recurso humano existente, de forma que se cubran realmente todos los requerimientos del local comercial durante todas las horas del día sin recurrir en contrataciones adicionales.
- Para lograr brindar los mismos beneficios de días libres y fines de semana completos a todos los trabajadores de un local y, sin necesidad de aumentar personal es necesario que los fines de semana se asignen en forma cíclica, es decir la primera persona del calendario toma su fin de semana iniciando el ciclo y lo vuelve a tomar una vez que el ultimo trabajador ya lo haya tomado.
- Con el análisis realizado se evitan excesos y/o ausencia de personal a ciertas horas del día.
- Existen mayores beneficios para los empleados de las tiendas, puesto que no se tienen horas extras de trabajo.
- Los gerentes de cada local requieren menor tiempo para la elaboración de calendarios de trabajo, ya que los algoritmos generados son de uso sencillo.

- Incrementar personal no es la solución más factible para los locales, puesto que primero se necesita un análisis previo de cómo se está trabajando con los trabajadores y actuales y se debe buscar la forma de organizar los horarios de forma que se cubran los requerimientos operativos del personal, pero también se respete las horas contratadas por cada trabajador.
- Un horario de trabajo justo y equívoco conlleva a un mejor manejo de personal.
- Los descansos adecuados evitan que el trabajador tenga el riesgo de contraer enfermedades psicológicas y físicas graves debido al trabajo excesivo.
- La empresa demuestra interés en sus empleados al buscar organizar sus horarios de trabajo de forma que se respeten sus descansos y, se cumplan con las horas contratadas por la empresa.

Local ubicado en el Centro Comercial Quicentro Shopping

- Se realizó el análisis para un horario de trabajo con 3 personas TC que es la situación normal, esta propuesta más costosa para el local, respeta fines de semana y días libres de todos los colaboradores y se evitan horas extras de trabajo que la empresa no reconoce.
- Con el análisis realizado aparecen horas hombre de trabajo que pueden ser utilizadas cuando el local lo necesite para diversas actividades y de esta forma no se prolonguen horarios o se generen horas extras de trabajo.

- Al contratar empleados tiempo parcial no se conduce a fatiga o cansancio excesivo, puesto que los mismos trabajan pocas horas diarias y no tienen necesidad de descansos periódicos y largos durante su jornada de trabajo.
- Los días viernes y sábado el centro comercial abre una hora más y, la resolución hallada para este caso en particular conduce a necesitar por lo menos 6 personas por día para cubrir el requerimiento, por lo que se procedió a aprovechar el número de horas sub-utilizadas en días anteriores para continuar trabajando con 5 personas, cubriendo de esta forma este requerimiento adicional.
- Las horas hombre extras que puedan existir por día de trabajo pueden ser empleadas en días en el que el local reciba mercadería ó vienes y sábados que es cuando más gente sale de compras ó en el caso de este local estas horas se pueden emplear para mantener la bodega limpia y ordenada.

Local ubicado en el Centro Comercial El Recreo

- Este local tiene una necesidad operativa elevada sólo para los fines de semana, por esta razón los trabajadores TP necesitan ayudar a cubrir esta demanda del local.
- El beneficio de fines de semana libres es exclusivo para los trabajadores TC mientras que para los TP existe un día libre a la semana, es decir tienen descansos pero no en fines de semana que es cuando más afluencia de clientes tiene este local comercial.

- En la resolución de problema para el caso de este local, se encontró que se necesitan más personas que las que actualmente se encuentran trabajando para poder brindar los mismos beneficios a todos los empleados, pero como una modificación al algoritmo inicialmente planteado se resolvió el problema de forma que se continúe trabajando con el mismo número de trabajadores que tiene al momento este local comercial, organizándose sus turnos de forma que no se trabajen horas extras no remuneradas.

Local ubicado en el Megamaxi de la Seis de Diciembre

- Para satisfacer su requerimiento diario de personal y brindar beneficios iguales a todos, se necesita contratar una persona más. Sin embargo, esta decisión no se ve justificada puesto que esto conduciría a tener demasiadas personas durante la semana de trabajo, y por ende esto constituye un costo innecesario para la Organización.
- En este caso, se modificó el algoritmo de forma que los TC tienen beneficios de fines de semana libres completos y trabajan cinco días a la semana, mientras los TP trabajan sólo cinco días a la semana, pero no se contempla fines de semana libres completos para ellos, sino que sus días libres pueden ser cualquiera durante la semana.
- Se concluye que para brindar bienestar a todos los trabajadores del local y cubrir con los requerimientos operativos del mismo se debe continuar trabajando con seis trabajadores, pero la composición ideal de este equipo de trabajo es: 3 TC y 3 TP de 24 horas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda estandarizar el manejo de personal para que todos los locales funcionen de forma similar y los trabajadores tengan los mismos beneficios.
- Se recomienda determinar el número de personas que se necesita un local comercial de acuerdo a factores como: ubicación del local comercial, volumen de venta de cada local y su capacidad de contratación y generar indicadores que permitan relacionar el volumen de venta de cada local con los trabajadores que atienden el local.
- Se recomienda optimizar el uso del recurso humano en lugar de contratar más empleados.
- Las horas disponibles se pueden emplear para mantener los ambientes de trabajo limpio y ordenado, contribuyéndose a generar ambientes de trabajo agradables para todos.
- Se recomienda tomar en cuenta la opinión de los empleados respecto a sus horarios y turnos de trabajo, para garantizar que el recurso humano esté satisfecho con su trabajo.
- Se recomienda realizar charlas periódicas en las cuales se analice la situación de la tienda y la satisfacción generada para el cliente interno y externo del local.
- Es necesario hacer conciencia en los trabajadores sobre la importancia de su trabajo, pero también la importancia de cuidarse a sí mismos en su salud, y no permitir explotación o trabajo excesivo.

- Se recomienda que las herramientas y conceptos expuestos en este proyecto se conviertan en parte del trabajo de los locales de venta al detalle, de esta forma se efectiviza el tiempo para elaborar los calendarios de trabajo.
- Se recomienda buscar siempre la creación de un ambiente de trabajo que favorezca un buen rendimiento de los empleados, ya sea a través de capacitaciones, incentivos de diversa índole, etc.
- Estos calendarios de trabajo generados pueden incrementar el bienestar de los trabajadores y utilizan de mejor forma el recurso humano existente por cada uno de los distintos locales.

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, Miguel. Ergonomía en Español. 07 Julio 2001. 15 Enero 2008
<<http://www.bveee.50g.com>>.

Cevallos, Miguel. Gerente General Payless ShoeSource Maribel Díaz. 20 de Febrero de 2007.

Cisneros Patricio, Profesor Ingeniería Industrial, Gerencia de Servicios, USFQ 2007

“Circadian rhythm”, Wikipedia Electronic Encyclopedia, Halberg Chronobiology Centre, 18 Noviembre 2007 <<http://www.msi.umn.edu/~halberg>>

Código del trabajo, leyes conexas, reglamentos Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones, 1999

“Declaración Relativa a los Principios y Derechos Fundamentales en el trabajo”, 10 Diciembre 2007, <<http://www.ilo.org/dyn/declaris/>>

Delgado Julio, “Una historia de centros comerciales”, Inmobiliare Magazine, 01 de octubre de 2007, Nm. 41 <<http://www.inmobiliare.com/>>

Diccionario Enciclopédico Ilustrado Océano Uno, Grupo Editorial Océano, Barcelona, 1992

“El Comercio como factor de desarrollo”, Cámara de Comercio de Quito, 26 Febrero 2007 <<http://www.ccq.org.ec/>>

"Great Place to Work." Ekos, No.152 diciembre 2008: 16-18.

Hillier Frederick, Lieberman Gerald J., Investigación de Operaciones, Séptima Edición, Mc Graw-Hill, México: 2002

Hodson, William K. Maynard : Manual del Ingeniero Industrial , México: McGraw-Hill, 1996

Holloran T y Bryn J. E., "United Airlines Station Manpower Planning System", *Interfaces*, 16(1): 39-50, enero-febrero, 1986

"Invertir en Buenos Aires", BAINVERSIONES, Buenos Aires, Enero 2008
<<http://www.bainversiones.mp.gba.gov.ar/>>

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Quito, 20 08 2008
<<http://www.iess.gov.ec>>

"Labor Management for the Retail Industry" , Maynard, 10 Agosto 2007,
<www.hbmanyard.com>

Krafft, Manfred; Mantrala, Murali K, "Retailing in the 21st century: current and future trends". New York: Springer Verlag, 2006

Kroemer Karl et all, Ergonomics: How to design for easy & efficiency, Second edition, NJ: 2003

Ministerio de Trabajo. 2008. 15 10 2008 <www.mintrab.gov.ec>.

"Normas Internacionales del Trabajo", 5 junio 1957, Organización Internacional del Trabajo, Julio 2007, <<http://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>>

"Occupational disease", Wikipedia Electronic Encyclopedia, 15 Julio 2008 <http://en.wikipedia.org/wiki/Occupational_illness>

Rovira César, " 5 S - Las Cinco S", 01 Diciembre 2008 <www.elprisma.com>

"Shopping Center History", American Studies at Eastern Connecticut State University, 28 Noviembre 2007 <<http://www.easternct.edu/depts/amerst/MallsHistory.htm>>

"[Shift work, Definition\(s\) of](http://wfnetwork.bc.edu/glossary_template.php)", Sloan Work and Family Research, Boston College, 20 Noviembre 2007 <http://wfnetwork.bc.edu/glossary_template.php>

Stevenson William, Operations Management, Eighth Edition, McGraw-Hill, NY:2005

Pinedo Michael, "Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Ed. Springer, New York : 2004

Wiles, David. Horarios flexibles. Agosto 2006. 5 Septiembre 2008 <<http://www.sweden.se>>.

ANEXO 1

Definición de Costos Utilizados

En la siguiente tabla se expresan los costos utilizados para la función objetivo del algoritmo en la primera parte de la resolución. Dichos costos fueron proporcionados por los gerentes de los diferentes locales. Sin embargo, Lindo ó Solver al ser programas de optimización siempre escogerán los costos más económicos, por lo que se procedió a realizar un promedio de el costo hora hombre para los TC de 40h y, de igual forma para los TP, ya sean estos de 24 ó 32 h.

Tipo trabajador	TIEMPO COMPLETO			TIEMPO PARCIAL	
	1	2	3	4	5
No horas contratadas	40	40	40	32	24
Salario	800	250	229	190	170
Horas por mes	160	160	160	128	96
Costo por hora (USD)	5,00	1,56	1,43	1,48	1,77
Costo promedio h/h	2,66			1,63	

ANEXO 2

Local ubicado en el Centro Comercial Quicentro Shopping

Solución encontrada en Lindo al trabajar con UN TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 57.1199989

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 3.25000

NEW INTEGER SOLUTION OF 57.1199989 AT BRANCH 0 PIVOT 14
BOUND ON OPTIMUM: 57.12000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 57.12000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	2.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000

X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Quicentro

Formulación y Solución de Programación al trabajar con DOS TC

Formulación del Problema

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_2 + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
OBJECTIVE VALUE = 67.0500031

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 67.0500031 AT BRANCH 0 PIVOT 16
BOUND ON OPTIMUM: 67.05000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 16

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 67.05000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000

X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Quicentro

Formulación y Solución de Programación al trabajar con TRES TC

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla 9.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12
OBJECTIVE VALUE = 76.9800034

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 76.9800034 AT BRANCH 0 PIVOT 12
BOUND ON OPTIMUM: 76.98000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 12

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 76.98000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	2.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000

X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	2.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

ANEXO 3

Local ubicado en el Centro Comercial El Recreo

Soluciones encontradas para elaboración de calendario de trabajo de Lunes a Viernes

Solución encontrada en Lindo al trabajar con UN TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 57.1199989

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 3.25000

NEW INTEGER SOLUTION OF 57.1199989 AT BRANCH 0 PIVOT 14
BOUND ON OPTIMUM: 57.12000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 57.12000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	2.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000

X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Formulación y Solución de Programación al trabajar con DOS TC

Formulación del Problema

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla 18.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_2 + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
OBJECTIVE VALUE = 67.0500031

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 67.0500031 AT BRANCH 0 PIVOT 16
BOUND ON OPTIMUM: 67.05000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 16

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 67.05000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000

X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Formulación y Solución de Programación al trabajar con TRES TC

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales. Estas restricciones se generan a partir de la matriz elaborada en la Tabla 9.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Local El Recreo

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12

OBJECTIVE VALUE = 76.9800034

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 76.9800034 AT BRANCH 0 PIVOT 12

BOUND ON OPTIMUM: 76.98000

ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 12

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 76.98000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	2.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000

X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	2.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Soluciones encontradas para elaboración de calendario de trabajo para los días Sábados

Formulación del problema al trabajar con DOS TC

No se ha considerado la resolución para UN TC los días Sábados, puesto que por las condiciones operativas del local y el número de personas que trabaja en el mismo (7), va a existir por lo menos 2 personas TC los fines de semana para atender el local comercial.

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 4$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 78.4400024

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 78.4400024 AT BRANCH 0 PIVOT 14
BOUND ON OPTIMUM: 78.44000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 78.44000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	2.000000	21.320000
X5	2.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000

X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Formulación del problema al trabajar con TRES TC los días Sábados

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 4$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 4$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC los días Sábados

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
 OBJECTIVE VALUE = 88.3700027

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 88.3700027 AT BRANCH 0 PIVOT 16
 BOUND ON OPTIMUM: 88.37000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 16

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 88.37000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	2.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Soluciones encontradas para elaboración de calendario de trabajo para los días Domingos

Formulación del problema al trabajar con DOS TC

No se ha considerado la resolución para UN TC los días Domingos, puesto que por las condiciones operativas del local y el número de personas que trabaja en el mismo (7), va a existir por lo menos 2 personas TC los fines de semana para atender el local comercial.

Min

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 11.39x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 9.77x_8 + 9.77x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 8.14x_{13} + 8.14x_{14} + 8.14x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 6.51x_{19} + 6.51x_{20} + 6.51x_{21} + 6.51x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 4$$

2. Restricción de no negatividad: $X_j \geq 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC los días Domingos

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 15
 OBJECTIVE VALUE = 75.1999969

FIX ALL VARS.(7) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 75.1999969 AT BRANCH 0 PIVOT 23
 BOUND ON OPTIMUM: 75.20000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 23

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 75.20000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	2.000000	21.320000
X4	0.000000	11.390000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	2.000000	9.770000
X9	0.000000	9.770000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	8.140000
X14	0.000000	8.140000
X15	0.000000	8.140000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	6.510000
X20	0.000000	6.510000
X21	0.000000	6.510000
X22	0.000000	6.510000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	2.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 23

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local El Recreo

Formulación del problema al trabajar con TRES TC

Min

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 11.39x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 9.77x_8 + 9.77x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 8.14x_{13} + 8.14x_{14} + 8.14x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 6.51x_{19} + 6.51x_{20} + 6.51x_{21} + 6.51x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 3$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 4$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 4$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j \geq 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC los días Domingos

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 86.750000

FIX ALL VARS.(7) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 86.750000 AT BRANCH 0 PIVOT 21
BOUND ON OPTIMUM: 86.75000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 21

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 86.75000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	3.000000	21.320000
X4	0.000000	11.390000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	1.000000	9.770000
X9	0.000000	9.770000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	8.140000
X14	0.000000	8.140000
X15	0.000000	8.140000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	1.000000	6.510000
X20	0.000000	6.510000
X21	0.000000	6.510000
X22	0.000000	6.510000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	1.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	3.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 21

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

ANEXO 4

Local ubicado en Megamaxi de la 6 de Diciembre

Solución al trabajar con UN TC de Lunes a Viernes

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 15
OBJECTIVE VALUE = 52.2400017

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 3.25000

NEW INTEGER SOLUTION OF 52.2400017 AT BRANCH 0 PIVOT 15
BOUND ON OPTIMUM: 52.24000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 15

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 52.24000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000

X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	1.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 15
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Megamaxi

Formulación del problema al trabajar con DOS TC para los días Lunes a Viernes

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Local Megamaxi

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 60.5400009

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 3.25000

NEW INTEGER SOLUTION OF 60.5400009 AT BRANCH 0 PIVOT 14
BOUND ON OPTIMUM: 60.54000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 60.54000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	2.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000

X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	1.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

LOCAL MEGAMAXI

Formulación del problema al trabajar con TRES TC para los días Lunes a Viernes

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC, Lunes a Viernes

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12
OBJECTIVE VALUE = 70.4700012

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 70.4700012 AT BRANCH 0 PIVOT 12
BOUND ON OPTIMUM: 70.47000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 12

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 70.47000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	2.000000	21.320000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000

X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	1.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Megamaxi

Formulación y Solución de Programación al trabajar con DOS TC el Sábado

Formulación del Problema

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 2$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} +$$

$$x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} +$$

$$x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} +$$

$$x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} +$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} +$$

$$x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Local Megamaxi

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC, Sábado

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
 OBJECTIVE VALUE = 67.0500031

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 67.0500031 AT BRANCH 0 PIVOT 16
 BOUND ON OPTIMUM: 67.05000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 16

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 67.05000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	1.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	1.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000

X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000
X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Megamaxi

Formulación y Solución de Programación al trabajar con TRES TC el Sábado

Formulación del Problema

Minimizar

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 21.32x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 11.39x_8 + 11.39x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 9.77x_{13} + 9.77x_{14} + 9.77x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 8.14x_{19} + 8.14x_{20} + 8.14x_{21} + 8.14x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25} + 6.51x_{26} + 6.51x_{27} + 6.51x_{28} + 6.51x_{29} + 6.51x_{30}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3$$

$$x_1 + x_5 + x_{10} + x_{16} + x_{23} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_{10} + x_{11} + x_{16} + x_{17} + x_{23} + x_{24} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 2$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{28} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_3 + x_4 + x_8 + x_9 + x_{14} + x_{15} + x_{21} + x_{22} + x_{29} + x_{30} \geq 3$$

$$x_4 + x_9 + x_{15} + x_{22} + x_{30} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j > 0$

Local Megamaxi

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC, Sábado

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12

OBJECTIVE VALUE = 76.9800034

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 76.9800034 AT BRANCH 0 PIVOT 12

BOUND ON OPTIMUM: 76.98000

ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 12

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 76.98000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	2.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	0.000000	21.320000
X4	1.000000	21.320000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	11.390000
X9	0.000000	11.390000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	9.770000
X14	0.000000	9.770000
X15	0.000000	9.770000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	8.140000
X20	0.000000	8.140000
X21	0.000000	8.140000
X22	0.000000	8.140000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000
X26	0.000000	6.510000
X27	0.000000	6.510000
X28	0.000000	6.510000

X29	0.000000	6.510000
X30	2.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	2.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Megamaxi, Domingo

Formulación del problema al trabajar con DOS TC para el Domingo

Min

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 11.39x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 9.77x_8 + 9.77x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 8.14x_{13} + 8.14x_{14} + 8.14x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 6.51x_{19} + 6.51x_{20} + 6.51x_{21} + 6.51x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25}$$

Sujeta a:

1. Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{22} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 3$$

2. Restricción de no negatividad: $x_j \geq 0$

Solución encontrada en Lindo al trabajar con DOS TC, Domingo

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 15
 OBJECTIVE VALUE = 58.9199982

FIX ALL VARS.(11) WITH RC > 3.25000

NEW INTEGER SOLUTION OF 58.9199982 AT BRANCH 0 PIVOT 23
 BOUND ON OPTIMUM: 58.92000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 23

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 58.92000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	2.000000	21.320000
X4	0.000000	11.390000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	1.000000	9.770000
X9	0.000000	9.770000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	8.140000
X14	0.000000	8.140000
X15	0.000000	8.140000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	0.000000	6.510000
X20	0.000000	6.510000
X21	0.000000	6.510000
X22	0.000000	6.510000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	1.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	2.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 23

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Local Megamaxi

Formulación del problema al trabajar con TRES TC para el Domingo

Min

$$Z = 21.32x_1 + 21.32x_2 + 21.32x_3 + 11.39x_4 + 11.39x_5 + 11.39x_6 + 11.39x_7 + 9.77x_8 + 9.77x_9 + 9.77x_{10} + 9.77x_{11} + 9.77x_{12} + 8.14x_{13} + 8.14x_{14} + 8.14x_{15} + 8.14x_{16} + 8.14x_{17} + 8.14x_{18} + 6.51x_{19} + 6.51x_{20} + 6.51x_{21} + 6.51x_{22} + 6.51x_{23} + 6.51x_{24} + 6.51x_{25}$$

Sujeta a:

- Número de trabajadores debe satisfacer el requerimiento mínimo expresado por cada uno de los gerentes de los locales.

$$x_1 + x_2 + x_3 = 3$$

$$x_1 + x_4 + x_8 + x_{13} + x_{19} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9 + x_{13} + x_{14} + x_{19} + x_{20} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{19} + x_{20} + x_{22} \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_5 + x_6 + x_7 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{11} + x_{12} + x_{17} + x_{18} + x_{24} + x_{25} \geq 3$$

$$x_3 + x_7 + x_{12} + x_{18} + x_{25} \geq 3$$

- Restricción de no negatividad: $x_j \geq 0$

Local Megamaxi

Solución encontrada en Lindo al trabajar con TRES TC, Domingo

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14

OBJECTIVE VALUE = 70.4700012

FIX ALL VARS.(10) WITH RC > 4.88000

NEW INTEGER SOLUTION OF 70.4700012 AT BRANCH 0 PIVOT 14

BOUND ON OPTIMUM: 70.47000

ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 14

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND

RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 70.47000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	21.320000
X2	0.000000	21.320000
X3	3.000000	21.320000
X4	0.000000	11.390000
X5	0.000000	11.390000
X6	0.000000	11.390000
X7	0.000000	11.390000
X8	0.000000	9.770000
X9	0.000000	9.770000
X10	0.000000	9.770000
X11	0.000000	9.770000
X12	0.000000	9.770000
X13	0.000000	8.140000
X14	0.000000	8.140000
X15	0.000000	8.140000
X16	0.000000	8.140000
X17	0.000000	8.140000
X18	0.000000	8.140000
X19	1.000000	6.510000
X20	0.000000	6.510000
X21	0.000000	6.510000
X22	0.000000	6.510000
X23	0.000000	6.510000
X24	0.000000	6.510000
X25	0.000000	6.510000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	3.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14

BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0