
PROGRAMACIÓN ENTERA PARA EL DISEÑO DE JORNADAS LABORALES DE REPONEDORES EN LA INDUSTRIA DEL RETAIL

JAIME MIRANDA *
FERNANDA PALACIOS **

Resumen

De forma periódica, las compañías proveedoras de la industria del Retail deben realizar la programación de las visitas para la reposición de sus productos en sus puntos de ventas. Esta programación de actividades incluye tanto, el diseño de las jornadas laborales semanales de los reponedores, así como, el secuenciamiento de visita de los puntos que cada reponedor debe realizar diariamente. Tanto el diseño de las jornadas laborales como el secuenciamiento de visitas deben considerar una serie de requerimientos operativos y propios del negocio, así como se debe adaptar a la demanda de los consumidores finales, transformando estos dos problemas en tareas complejas a realizar manualmente. Ser eficiente en la reposición de sus productos es una tarea fundamental para evitar los quiebres de stock en los puntos de venta, mejorando la disponibilidad de los productos y, por ende, las ventas de estas compañías.

En este artículo se presenta un enfoque de solución que permite resolver el problema asociado a la gestión del personal de reposición de productos para una compañía proveedora de la industria del Retail basado en modelos de programación lineal entera mixta. Este enfoque fue utilizado para diseñar las jornadas laborales diarias y semanales para la compañía SC Johnson. Los resultados obtenidos muestran que las soluciones entregadas por nuestro enfoque permiten cubrir un mayor número de puntos de ventas, aumentando su cobertura desde un 68 % a más de un 88 % de los puntos de venta, utilizando la misma dotación de personal respecto del enfoque manual.

Palabras Clave: Gestión de personal, programación de operaciones, ruteo.

*Departamento de Control de Gestión y Sistemas de Información, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

**S. C. Johnson & Son

1. Introducción

Hoy en día muchas compañías utilizan las diferentes cadenas de supermercado como puntos de venta para que sus productos puedan llegar a sus clientes finales. Un aspecto fundamental para hacer rentable un punto de venta es que siempre los clientes encuentren disponibles en las góndolas los productos que andan buscando, tanto en tamaño como en forma. Cuando un punto de venta tiene problemas de gestión de suministro se provocan los quiebres de stock, generando que un consumidor no encuentre un producto en su lugar habitual, variedad y forma deseada. En consecuencia, un buen indicador de efectividad que mide la gestión de un punto de ventas es el porcentaje de quiebres de stock o Faltantes de Mercadería en Góndolas (FMG) que posee en el tiempo.

Existen muchas razones por las cuales existen FMG en un punto de venta siendo posible mencionar por ejemplo: 1) problemas de gestión del inventario del producto, 2) que los supermercados no realicen a tiempo sus pedidos de mercadería a sus proveedores, 3) malos pronósticos de demanda, 4) problemas de gestión de envío desde los centros de distribución o 5) problemas asociados a la reposición y entrega de los mismos proveedores, entre otros. Es claro que cuando un consumidor no compra un producto debido a que no se encuentra disponible en un punto de venta existe una pérdida para la compañía, pues su nivel de satisfacción es necesariamente menor. Esta baja en la satisfacción puede ocasionar diferentes comportamientos en los consumidores como cambios de marca y formatos, cambios de supermercado, postergaciones de la compra o simplemente no comprarán el producto. Por tanto, cualquiera sea la reacción de un consumidor existirán pérdidas económicas y de imagen, tanto para el supermercado, como para las compañías que tienen sus productos en las góndolas.

Según algunos estudios (GS1, 2012) en los países desarrollados el FMG alcanza un 8 %, mientras que en Latinoamérica bordea el 15 % existiendo una gran dispersión. Por ejemplo en el año 2012, en República Dominicana el FMG es de un 28.07 %, mientras que en Uruguay y Costa Rica es de un 6.36 % y un 7.3 % respectivamente. Particularmente, en Chile el FMG bordea el 15 % siendo la mala gestión en la reposición de los productos el causante del 41 % de estos quiebres de stock.

En general, la reposición de los productos de una góndolas en un punto de venta la realiza la misma cadena de Retail con personal interno. Si consideramos que para las cadenas de Retail el personal interno de reposición es un

recurso escaso y que estas compañías direccionan sus esfuerzos en la reposición sobre los productos que le entregan un mayor beneficio, es natural pensar que en la práctica no siempre repongan los productos de los diferentes proveedores en las góndolas. Esto último genera que los productos de los proveedores menos rentables no sean atendidos con la misma regularidad. Por este motivo, algunas compañías proveedoras de la industria del Retail han decidido contar con sus propios reponedores para apoyar la gestión de reposición interna de los distintos puntos de venta. Este apoyo busca tener siempre en góndola todos los productos de la empresa proveedora independiente de los esfuerzos que realice un punto de venta particular.

En términos prácticos, la frecuencia y regularidad con que se reponen los productos en las góndolas de un punto de venta está relacionada principalmente con los patrones de consumo que tienen los consumidores del producto en el tiempo y con el volumen de ventas o tamaño que posee un punto de venta particular. En la práctica, estas empresas proveedoras atienden uno o más puntos de venta en un día, siendo estos puntos desde pequeños supermercados de barrio hasta mega supermercados, observándose además que las ventas de productos tienen marcados factores estacionales, claras tendencias y *peaks* en el tiempo. Por tanto, la reposición de productos y, por ende, las jornadas laborales de los reponedores, deben ajustarse al consumo de los productos y al volumen total de ventas.

Respecto de las jornadas laborales de los reponedores, éstas deben respetar una serie de restricciones por ley, como por ejemplo respetar un número máximo de horas trabajadas por día y semana, así como se deben respetar otras condiciones impuestas por las mismas cadenas del Retail, como mantener el mismo reponedor que visita un punto de venta particular o tener un número mínimo de horas de reponedor en cada uno de sus puntos. En consecuencia, la confección de la programación de jornadas laborales diarias y semanales de los reponedores se transforma en un problema difícil de resolver en la práctica al ser un problema altamente combinatorial.

En este artículo se presenta un enfoque de solución basado en 2 modelos de optimización secuenciales que resuelven el problema del diseño de las jornadas laborales diarias y semanales para una empresa proveedora de la industria del Retail. Con el primer modelo se busca ajustar la demanda semanal por reposición de productos de los distintos puntos de venta dentro de patrones de visita diarios predeterminados con el fin de hacer calzar la demanda con las jornadas laborales de los reponedores. Mientras que el segundo modelo tiene como objetivo determinar las jornadas laborales de los reponedores a nivel diario y semanal, es decir, se determina el secuenciamiento de visita diario de los distintos puntos de venta. Este enfoque fue aplicado a la Compañía SC

Johnson (SCJ) en su filial de Chile.

La estructura de este artículo es como sigue. La sección 2 presenta la revisión de la literatura existente, la sección 3 presenta en detalle le problema estudiado, la sección 4 presenta el enfoque de solución propuesto, la sección 5 presenta los resultados experimentales. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones de este trabajo.

2. Revisión de la literatura

La programación del personal corresponde al proceso por el cual se construyen programaciones horarias de las tareas que realiza el personal de una organización con tal de satisfacer una demanda por un producto o servicio. Se ha mostrado en la literatura que es extremadamente difícil encontrar buenas soluciones de forma manual, dado que el problema tiene un alto número de condiciones y requerimientos, lo que hace difícil encontrar soluciones óptimas que minimicen costos, que asegure cargas de trabajo parejas y que satisfagan condiciones asociadas a los lugares de trabajo [5].

Existe una amplia literatura en Investigación de Operaciones asociada a la gestión del personal en diferentes industrias, como por ejemplo: transporte de aerolíneas [4], servicios de correo [2], enfermería [3] y mantenimiento de aviones [1], entre otros. En general, este tipo de problemas han sido resueltos mediante enfoques heurísticos [8] o mediante modelos de optimización [9]. Una interesante revisión de la literatura existente la presentan Van den Bergh *et al* [10].

Para mejorar la gestión de la cadena de suministro y, por ende, dar un mejor servicio al cliente, es fundamental gestionar de manera eficiente el recurso humano con que se cuenta [6]. Por tanto, la programación de actividades de este recurso es un punto crucial para la eficiencia de las operaciones de la cadena de suministro. Sin embargo, si consideramos que la distribución de los periodos de mayor carga trabajo durante el día o semana es desigual, genera que en muchas ocasiones no sea posible hacer calzar turnos estándares de 8 horas. Este último elemento aumenta la complejidad para los administradores, pues aumenta la combinatoriedad del problema [3]. Al existir un desbalance de la carga de trabajo genera que en ciertas ocasiones se tengan que asignar turnos más cortos o más largos, que se obligue a algunos empleados a tomar un día libre o contratar trabajadores a tiempo parcial [7].

Cabe destacar que a diferencia de los trabajos presentados anteriormente, en nuestro caso además de tener que programar las visitas de los reponedores,

incorporamos dentro de nuestro enfoque dos elementos adicionales asociados a la definición del secuenciamiento de visita de los puntos de venta, es decir optimizar el ruteo, además de diseñar una solución para poder hacer una distribución eficiente de la carga de trabajo durante los días de la semana para los reponedores.

3. Descripción del caso de estudio

S.C. Johnson (SCJ) es una compañía estadounidense con sede en Chile, fabricante de diferentes productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, perfumes y productos para bebés. Actualmente, esta compañía comercializa sus productos en más de 1.000 puntos de ventas distribuidos en todo Chile.

Para cada punto de venta es posible determinar el número total vendido por semana para cada producto, siendo el número total de horas de reposición que demanda cada punto de venta directamente proporcional al número total de cajas vendidas en dicho punto. Si llamamos m al número total de cajas vendidas en una semana en un punto de venta y n al número de cajas por hora que un reponedor puede restituir en las góndolas, el número total de horas de reposición de dicho punto será igual a m/n . Cabe destacar que en este problema se deben definir tanto las jornadas diarias como semanales de manera conjunta para los reponedores, por tanto se hace necesario determinar la distribución de las horas semanales de cada punto de venta en los diferentes días de la semana. Al resolver este último problema será posible determinar qué días de la semana se debe realizar una visita y cuál debe ser su duración.

Actualmente, la empresa cuenta con 68 reponedores, los cuales cubren cerca del 68% de los puntos de venta de la compañía visitándolos en algún momento de la semana. Los reponedores visitan entre 1 y 4 puntos de ventas diariamente con un máximo de 9 puntos de venta a la semana. Las jornadas laborales de los reponedores deben respetar una serie de condiciones, como por ejemplo: un máximo de 8 horas diarias y 45 horas semanales, contemplar al menos dos días libres cada semana y que al menos un día domingo esté libre cada dos semanas. Otro aspecto que agrega mayor complejidad a la resolución del problema recae en que existen ciertas cadenas de supermercados que exigen que un punto de venta siempre sea visitado por el mismo conjunto de reponedores. Esta condición busca tener un mayor control del ingreso de personal externo al supermercado.

En general, la cobertura busca visitar siempre a los puntos de venta que consumen la mayor cantidad de productos en los días en que éstos poseen la

mayor venta. Sin embargo, al hacer un análisis más fino de la cobertura, estas visitas no siempre cumplen con la cantidad de horas que el punto de ventas necesita. La Figura 1 muestra el porcentaje de cobertura de los puntos de venta que son cubiertos respecto del porcentaje de horas asignadas al punto de venta respecto del total de la solución propuesta por el enfoque manual. De este gráfico, se deduce que solo al 57% de los puntos de venta se les asigna al 100% de las horas requeridas para la reposición de los productos y, por tanto, más del 40% de los puntos de venta posee un número menor de horas requeridas lo que se traduce en un pobre abastecimiento de las góndolas de productos. Cabe destacar que SCJ utiliza un enfoque manual que resuelve el problema mediante la prueba y el error.

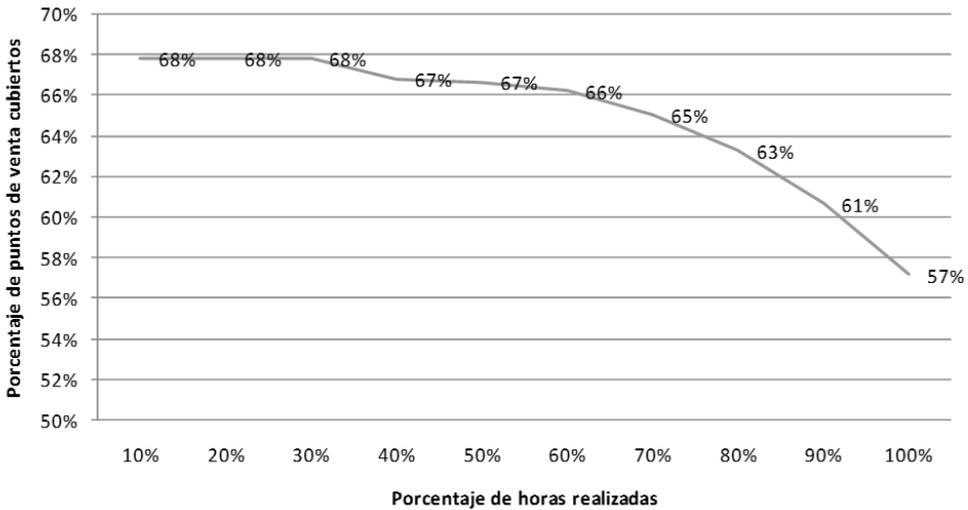


Figura 1: Cobertura de los puntos de venta respecto del porcentaje de horas asignadas.

De acuerdo con lo anterior, el desafío principal de este trabajo es desarrollar un enfoque de solución analítico que permita optimizar las jornadas laborales diarias y semanales de los reponedores. En este ámbito se busca por un lado maximizar cobertura total y asegurar coberturas mínimas a ciertas cadenas con los recursos que actualmente posee SCJ.

4. Descripción del enfoque de solución

El enfoque de solución propuesto tiene como objetivo determinar las jornadas diarias y semanales de visitas a los puntos de venta de los reponedores. Este

enfoque contempla 3 fases secuenciales las cuales se describen a continuación.

4.1. Fase I: Distribución de horas de reposición semanal

La primera etapa de nuestro enfoque busca determinar la distribución diaria de las horas de reposición de cada punto de venta en una semana. La forma en que se realizó esta tarea fue por medio de la programación de actividades sobre la base de dos tipos de patrones: 1) Patrones de días (por ejemplo lunes-miércoles-viernes) y 2) patrones de horas diarias (por ejemplo 2 horas diarias o 3.5 horas diarias). Estos patrones de visita definen los días y número de horas que son permitidos para que un reponedor visite un punto de venta y reponga las góndolas de productos. A continuación se describe el modelo de programación lineal binario utilizado en esta fase.

Conjuntos de índices:

- i : Puntos de venta.
- d : Días de la semana.
- p : Patrones de visita

Parámetros:

- V_{id} = Número total de cajas vendidas en el punto de venta i el día d .
- H_i = Número total de horas de reposición requeridas por el punto de venta i .
- Dia_i = Número de días que debe ser visitado el punto de venta i en una semana. Este parámetro define el patrón de días.
- $Horas_p$ = Número de horas que contiene el patrón p .
- Pat_visita_{ip} = 1 si el punto de venta i puede utilizar el patrón de horas p ; 0 en caso contrario.
- Pat_Dia_{dp} = 1 si el día d está contenido en el patrón de horas p ; 0 en caso contrario.
- Max_{Dif} = Máxima diferencia en el número de horas que se pueden asignar entre días consecutivos de una semana para un punto de venta.

Variables de Decisión:

- $X_{idp} = \begin{cases} 1, & \text{si el punto de venta } i \text{ utiliza un patrón de horas } p \text{ el día } d \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$
- $Y_{ip} = \begin{cases} 1, & \text{si el punto de venta } i \text{ utiliza el patrón de horas } p. \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$
- $W_{id} = \begin{cases} 1, & \text{si el punto de venta } i \text{ es visitado el día } d \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$

Función Objetivo:

Esta función busca maximizar que el número total de horas asignadas para la reposición de las góndolas sea un día que el punto de venta tenga el mayor volumen de ventas. Dado que los mayores días de venta hay más quiebres de góndolas, se busca que esos días se asignen un mayor número de horas de reposición.

$$Maxz = \sum_i \sum_d \sum_p X_{idp} \cdot Horas_p \cdot V_{id}$$

Restricciones:

1. Satisfacer para cada punto de venta el número total de horas semanales requerido:

$$\sum_d \sum_p X_{idp} \cdot Horas_p = H_i \quad \forall i.$$

2. Asignar el número de días en que se debe visitar cada punto de venta:

$$\sum_d \sum_p X_{idp} = Dia_i \quad \forall i.$$

3. No asignar más de un patrón de horas por día a cada punto de venta:

$$\sum_p X_{idp} \leq 1 \quad \forall i, d.$$

4. Relación de variables y activación de la variable W :

$$\sum_p X_{idp} = W_{id} \quad \forall i, d.$$

5. Eliminar patrones de visitas que no son factibles para un punto de venta:

$$Y_{id} \leq Pat_{visitaip} \cdot Pat_{Dia_{dp}} \quad \forall i, p.$$

6. No utilizar más de un patrón de visita por punto de venta:

$$\sum_p Y_{ip} \leq 1 \quad \forall i.$$

7. No asignar más de un máximo de horas de diferencia (Max_{Dif}) entre los días de visita d y d' a un mismo punto de venta:

$$\sum_p X_{idp} \cdot Horas_p - \sum_p X_{id'p} \cdot Horas_p \leq Max_{Dif} + M \cdot (2 - W_{id} - W_{id'})$$

$$\forall i, d, d'. M \gg 1$$

$$\sum_p X_{idp} \cdot Horas_p - \sum_p X_{id'p} \cdot Horas_p \leq -Max_{Dif} - M \cdot (2 - W_{id} - W_{id'})$$

$$\forall i, d, d'. M \gg 1$$

8. Naturaleza de las variables:

$$X_{idp}, Y_{ip}, W_{id} \in \{0, 1\} \quad \forall i, p, d.$$

4.2. Fase 2: Generación del conjunto total de rutas factibles

La segunda etapa del enfoque de solución tiene como objetivo determinar el conjunto de rutas de visita factibles que puede realizar un reponedor. Cabe destacar que el resultado entregado en la Fase 1 permite obtener para cada punto de venta el número total de horas que necesita para la reposición de las góndolas cada día. Por tanto, la Fase 1 determina la demanda de horas de reposición y su distribución semanal. Con esta información, se diseñó un algoritmo de enumeración explícito que entrega el conjunto total de rutas factibles que pueden realizarse cada día. Una ruta determina el secuenciamiento de visita de los puntos de venta en un día y, se considera que es factible cuando la suma total de los tiempos viaje más los tiempos que se usarán para la reposición de productos no supere las 8 horas. Además, para cada ruta se define un costo calculado como la diferencia entre el máximo tiempo de una ruta (8 horas) y el largo total de la ruta. Las rutas que tienen una mayor diferencia de horas se consideran rutas más costosas al tener un mayor tiempo ocioso del reponedor.

4.3. Fase 3: Determinación de jornadas laborales y coberturas

La tercera etapa del enfoque de solución determina las jornadas laborales, diarias y semanales, del conjunto de reponedores de manera simultánea, mediante un modelo de programación lineal binaria. Cabe destacar que el diseño de las jornadas laborales considera todas las leyes laborales existentes, así como condiciones que tienen que ver con coberturas mínimas a ciertas cadenas de puntos de venta. El horizonte de planificación es de 2 semanas pues hay condiciones que son impuestas cada 14 días.

Conjunto de índices:

- i : Puntos de venta.
- d : Días de la semana.
- r : Rutas factibles.
- m : Reponedores.
- c : Cadenas de puntos de venta.
- $E_d =$ Conjunto de los 5 días seguidos al día d . Por ejemplo, si el día d es lunes, $E_{lunes} =$ lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado.

Parámetros:

- $b_{ri} = 1$ si la ruta r contiene el punto de venta i ; 0 en caso contrario.
- $a_{ri} =$ Número de horas de reposición asignadas al punto de venta i que está contenido en la ruta r ; Este parámetro toma un valor igual a 0 si no está contemplada una visita a dicho punto de venta en la ruta r .
- $N_i =$ Número total de días de visitas asignado al punto de venta i .
- $CoberturaMin_c =$ Número mínimo de horas de visita que deben tener todos los puntos de venta de la cadena c .
- $MaxMercad_i =$ Número máximo de reponedores distintos que pueden visitar el punto de venta i .
- $rutadia_{rd} = 1$ si la ruta r debe ser realizada el día d ; 0 en caso contrario.
- $rutad_r = 1$ si la ruta r debe ser realizada el día domingo; 0 en caso contrario.

- $f_{ic} = 1$ si el punto de venta i pertenece a la cadena de supermercados c ; 0 en caso contrario.
- $C_{rm} =$ Costo de la ruta r si es asignada al reponedor m .
- $CC_m =$ Costo de contratación del reponedor m .

Variables de decisión:

- $x_{rm} = \begin{cases} 1, & \text{si el reponedor } m \text{ realiza la ruta } r \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$
- $z_{mi} = \begin{cases} 1, & \text{si el reponedor } m \text{ visita el punto de venta } i \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$
- $g_{im} = \begin{cases} 1, & \text{si } m \text{ es el reponedor "principal" del punto de venta } i \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$
- $y_m = \begin{cases} 1, & \text{si el reponedor } m \text{ trabaja algún día dentro del horizonte} \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$

Función objetivo:

Esta función busca minimizar los costos totales de la operación, es decir, minimizar el costo total de la asignación de rutas más el costo total asociado a la contratación de reponedores.

$$\text{Min} z = \sum_r \sum_m C_{rm} x_{rm} + \sum_m CC_m y_m$$

Restricciones:

1. Todos los puntos de venta deben ser visitados por alguna ruta y reponedor:

$$\sum_m \sum_r b_{ri} x_{rm} = 1 \quad \forall i.$$

2. Cada ruta se puede realizar a lo más una vez por el conjunto de reponedores:

$$x_{rm} \leq 1 \quad \forall r.$$

3. Cada reponedor hace a lo más una ruta por día:

$$\sum_r rutadia_{rd}x_{rm} \leq 1 \quad \forall m, d.$$

4. Un reponedor puede trabajar a lo más 6 días seguidos:

$$\sum_{j \in E_d} \sum_r rutadia_{rd}x_{rm} \leq 6 \quad \forall m, d.$$

5. Cada reponedor debe tener un domingo libre cada dos semanas:

$$\sum_r rutad_r x_{rm} \leq 1 \quad \forall m.$$

6. Relación de variables y activación de la variable z_{mi} :

$$\sum_r b_{ri}x_{rm} \leq N_i z_{mi} \quad \forall m, i.$$

7. Número máximo de reponedores distintos por punto de venta:

$$\sum_m z_{im} \leq MaxMercad_i \quad \forall i.$$

8. Activación variable que identifica el reponedor “principal” de punto de venta:

$$\sum_r b_{ri}x_{rm} \leq P_i g_{mi} \quad \forall m, i.$$

9. Cada punto de venta tiene un reponedor “principal”:

$$\sum_m g_{im} \geq 1 \quad \forall i.$$

10. Activación variable que verifica si el reponedor m tiene asignada alguna ruta:

$$\sum_r x_{rm} \leq 12y_m \quad \forall m.$$

11. Naturaleza de las variables:

$$x_{rm}, z_{ip}, g_{im}, y_m \in \{0, 1\} \quad \forall r, m, i, p.$$

5. Resultados experimentales

En esta sección se presentan los resultados obtenidos por la aplicación del enfoque de solución propuesto respecto del procedimiento manual que utilizaba SCJ al momento de la aplicación. La instancia utilizada contempla 290 puntos de venta pertenecientes a 9 cadenas de supermercados diferentes los cuales se encuentran distribuidos geográficamente en todo Santiago (ver Figura 2). Cabe destacar que los reponedores se movilizan utilizando el transporte público de Santiago. Los tiempos de viaje para el transporte público fueron obtenidos utilizando el servicio entregado por *Google Maps* <https://developers.google.com/maps/?hl=es>.

Para la resolución de los modelos de optimización se utilizó el software comercial GAMS 23.5.2 y el solver Gurobi 3.0.1. El tiempo de resolución del modelo utilizado en la Fase 1 fue de 1.5 minutos, mientras que el tiempo de resolución del modelo utilizado en Fase 3 es de 20 horas. En ambos casos se obtuvo la solución óptima del problema con GAP igual a 0. Respecto del tiempo computacional del algoritmo de enumeración explícita fue de 4.5 minutos, entregando 20.144 rutas factibles.

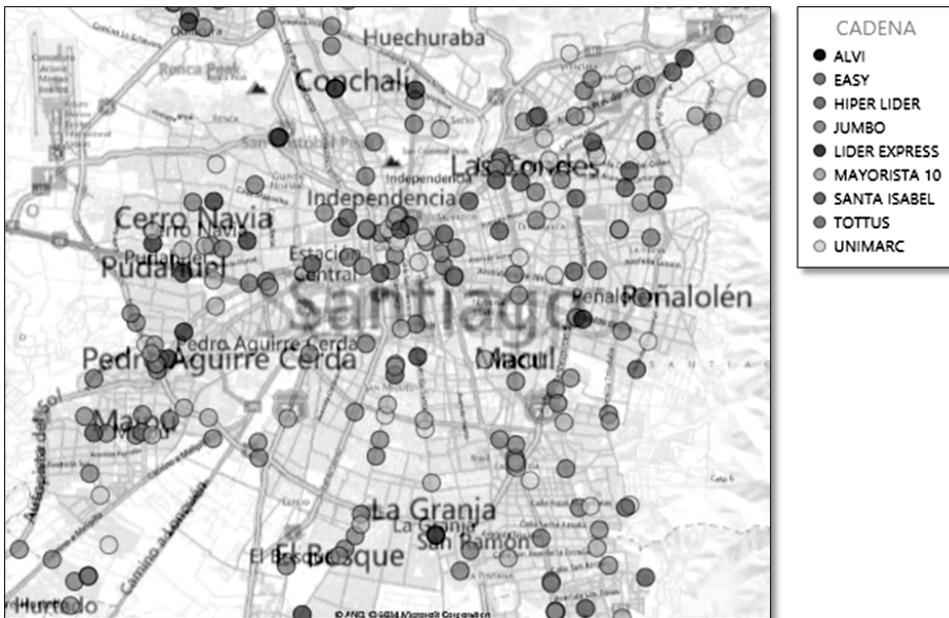


Figura 2: Distribución de los puntos de venta y cadenas de Santiago.

La Figura 3 muestra el porcentaje de cobertura de los puntos de venta respecto del porcentaje de horas realmente asignadas respecto del total, para un igual número de reponedores. La solución propuesta visita prácticamente todos los puntos de venta al menos una vez y, de estos puntos de venta, el 88 % son visitados todas las horas que requieren, a diferencia de la solución manual que sólo alcanza un 68 % del total. Por tanto, en promedio la solución propuesta por nuestro enfoque supera en más de 20 puntos porcentuales a la solución manual.

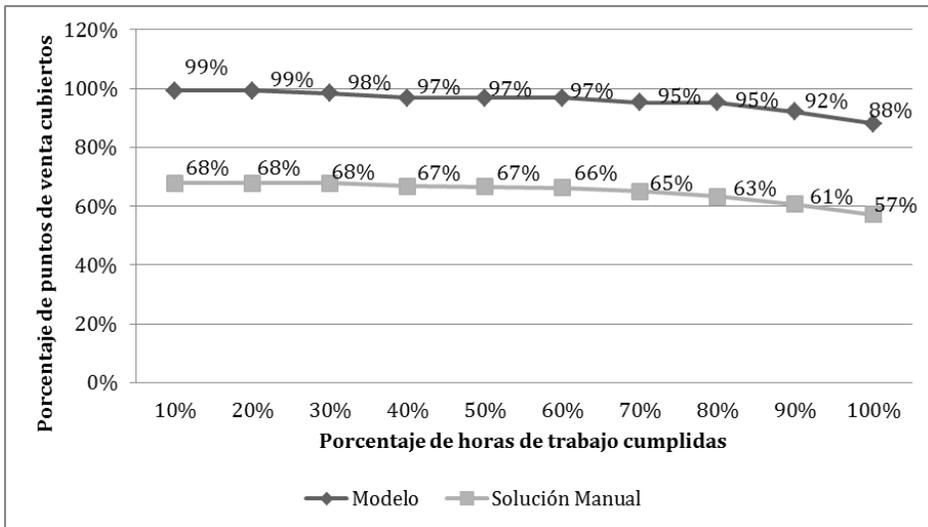


Figura 3: Cobertura de los puntos de venta de Santiago respecto del número de horas asignadas.

6. Conclusiones

En este trabajo se presenta un enfoque de solución que permite resolver el problema de reposición de productos de la compañía SC Johnson para su red de puntos de venta.

El enfoque propuesto genera resultados satisfactorios para la compañía, pues las soluciones entregadas permiten cubrir un mayor número de puntos de venta con la misma dotación de personal superando en más de 20 puntos porcentuales a la solución manual. Basado en los resultados, se concluye que con la incorporación de nuestro enfoque de solución la compañía se verá beneficiada la gestión de las visitas de los reponedores, encontrando soluciones más eficientes y a mínimo costo.

Referencias

- [1] H. Alfares. Aircraft maintenance workforce scheduling a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 5(2):78–89, 1999.
- [2] J. Bard, C. Binici, et al. Staff scheduling at the united states postal service. *Computers & Operations Research*, 30(5):745–771, 2003.
- [3] E. Burke y T. Curtois. New approaches to nurse rostering benchmark instances. *European Journal of Operational Research*, 237(1):71–81, 2014.
- [4] E. Butchers, P. Day, A. Goldie, S. Miller, J. Meyer, D. Ryan, A. Scott, y C. Wallace. Optimized crew scheduling at air new zealand. *Interfaces*, 31(1):30–56, 2001.
- [5] A. Ernst, H. Jiang, M. Krishnamoorthy, y D. Sier. Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European journal of operational research*, 153(1):3–27, 2004.
- [6] D. Graham. Warehouse of the future. *Frontline Solutions*, 4(4):20–20, 2003.
- [7] A. Ladier, G. Alpan, y B. Penz. Joint employee weekly timetabling and daily rostering: A decision-support tool for a logistics platform. *European Journal of Operational Research*, 234(1):278–291, 2014.
- [8] Q. Lequy, G. Desaulniers, y M. Solomon. A two-stage heuristic for multi-activity and task assignment to work shifts. *Computers & Industrial Engineering*, 63(4):831–841, 2012.
- [9] E. Naudin, P. Chan, M. Hiroux, T. Zemmouri, y G. Weil. Analysis of three mathematical models of the staff rostering problem. *Journal of Scheduling*, 15(1):23–38, 2012.
- [10] J. Van den Bergh, J. Beliën, P. De Bruecker, E. Demeulemeester, y L. De Boeck. Personnel scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 226(3):367–385, 2013.

