

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Rediseño de layout de la bodega de picking de la
empresa Coca-Cola Embonor S.A.**

por

Erinson Márquez Fuentes

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Luis Seccatore Gómez

Mayo 2017

Índice

Glosario	4
Lista de Abreviaturas y siglas.....	5
Lista de Figuras	6
Lista de Tablas.....	8
Resumen ejecutivo.....	10
Introducción.....	11
1. Antecedentes de la Empresa	12
1.1 Coca-Cola Embonor S.A.	12
1.1.1 Hitos históricos.....	14
1.2 Coca-Cola Embonor S.A. Planta Viña del Mar	15
1.2.1 Historia	16
1.2.2 Organigrama general de Planta Viña del Mar.....	18
1.3 Situación actual.....	19
1.3.1 Descripción del proceso de venta.....	20
1.3.2 Descripción del área a trabajar: Distribución y Logística	25
1.3.3 Descripción de productos	27
1.3.4 Volumen de ventas	31
1.3.5 Número de pedidos y viajes	33
1.3.6 Descripción de la distribución actual	34
2. Planteamiento del problema	40
2.1 Problemática de la empresa	40
2.1.1 Efectos indeseados	41
2.1.2 Problema raíz.....	52
2.2 Alcance	55
2.3 Objetivos.....	55
3. Marco Teórico	56
3.1 Gestión de almacenamiento	56

3.1.1 Actividades de almacenamiento	56
3.1.2 Preparación de pedidos (<i>picking</i>)	57
3.1.3 Principios básicos de recolección de pedidos	59
3.1.4 Ubicación de inventario	60
3.2 Diseño y <i>layout</i> de almacén	61
3.2.1 Principios básicos de <i>layout</i>	61
3.3 Clasificación ABC	61
3.4 Modelos matemáticos de ubicación de inventario	63
3.4.1 Modelo de asignación de productos	63
3.4.2 Modelo de asignación considerando andenes	64
3.4.3 Modelo de asignación considerando altura de racks	65
3.4.4 Modelo propuesto: Caso ejemplo	66
4. Aplicación del modelo	75
4.1 Clasificación de productos en familias	76
4.2 Determinación de ubicaciones necesarias	77
4.3 Sectorización de la distribución actual	78
4.3.1 Sector retornables	78
4.3.2 Sector desechables	82
4.4 Modelamiento	85
4.4.1 Productos retornables en temporada baja	86
4.4.2 Productos retornables en temporada alta	95
4.4.3 Productos desechables en temporada baja	101
4.4.4 Productos desechables en temporada alta	107
5. Conclusiones	114
Bibliografía	116
Anexos	118

Glosario

Acarreo: Movimiento de productos desde una bodega a otra.

Check-list: Lista de chequeo de las máquinas utilizadas.

Cross-docking: Corresponde a un sistema de distribución donde las unidades logísticas son recibidas en una plataforma de alistamiento y no son almacenadas sino preparadas para ser enviadas de la manera más inmediata.

Franquicia: Sistema de venta de productos de una firma comercial en una tienda de otro propietario y bajo ciertas condiciones económicas.

Mapinfo: Software destinado a la creación de rutas de reparto en la empresa.

One Way: Corresponde a aquellos productos de plástico que la empresa considera como no retornables, o desechables.

Pallet: Estructura fabricada generalmente de madera, utilizada para facilitar el transporte de carga. También se utiliza el término como unidad de medida, puesto que es sobre esta estructura que se apilan los productos de un pedido.

Patio: Denominación que se le da en el interior de la empresa al sector destinado a la preparación de pedidos y armado de cargas.

Picking: Proceso de toma de una serie de productos para el armado de un pedido.

Producto de envase desechable: Producto cuyo envase está concebido para ser utilizado en un corto período de tiempo. Una vez consumido el producto, el envase se desecha.

Producto de envase retornable: Producto cuyo envase está diseñado para ser reutilizado. Una vez consumido el producto, el envase se utiliza nuevamente.

Rack: Estructura física utilizada para almacenar productos en la bodega.

Recargue: Reemplazo de envases vacíos de un camión por envases con producto listo para venta.

Rotación: Frecuencia media de renovación de las existencias. Es una indicación de que tan frecuente una compañía vende sus productos.

Ticket pallet: Documento generado por el sistema con el detalle de un pedido. Cada *ticket pallet* equivale a un pallet de carga en un camión.

Lista de Abreviaturas y siglas

CC: Centímetros cúbicos.

EMBOL: Embotelladoras Bolivianas Unidas.

EPP: Elementos de protección personal.

FEFO: Del inglés First Expires First Out (el primero que vence es el primero que sale).

FIFO: Del inglés First In First Out (el primero que entra es el primero que sale).

KPI: Del inglés Key Performance Indicator (indicador clave de rendimiento).

LTS: Litros.

OW: Productos desechables.

REF: Productos retornables.

RISES: Residuos industriales sólidos.

SAIC: Sociedad Anónima Industrial y Comercial.

SGI: Sistema de gestión integrado.

TCCC: The Coca-Cola Company.

Lista de Figuras

Figura 1: Localización de plantas de producción de Coca-Cola Embonor	13
Figura 2: Localización de Planta Viña del Mar	15
Figura 3: Ubicación de bodegas de Planta Viña del Mar	16
Figura 4: Organigrama general de Planta Viña del Mar	18
Figura 5: Diagrama del proceso de venta	20
Figura 6: Ejemplo de <i>Ticket Pallet</i>	22
Figura 7: Organigrama del departamento de Distribución y Logística	25
Figura 8: Volumen de ventas mensuales período 2014-2016.....	31
Figura 9: Volumen de ventas promedio diarias por material	32
Figura 10: <i>Layout</i> actual de la bodega de <i>picking</i>	34
Figura 11: Sector de productos desechables almacenados en racks	35
Figura 12: Sector de productos retornables almacenados en piso	36
Figura 13: Diagrama de spaguetti situación actual.....	38
Figura 14: Volumen de ventas anuales Coca-Cola Embonor S.A.....	40
Figura 15: Diagrama causa-efecto demora en el <i>picking</i>	42
Figura 16: Rendimiento mensual de auxiliares 2016	44
Figura 17: Minutos empleados por etapa en la preparación de un pedido	44
Figura 18: Diagrama causa-efecto productos de alta rotación lejos de zona de carga	46
Figura 19: Diagrama causa-efecto sobre stock de productos de baja rotación.....	48
Figura 20: Comparación demanda estimada y ventas reales año 2016	49
Figura 21: Diagrama causa-efecto dificultad para acceder a productos	51
Figura 22: Árbol de realidad actual de la empresa	53
Figura 23: Porcentaje de costos operativos en un almacén	57
Figura 24: Representación gráfica de análisis ABC	62
Figura 25: Zonas de almacenaje caso ejemplo	67
Figura 26: Modelo caso ejemplo cargado en Solver	72
Figura 27: Asignación de ubicaciones caso ejemplo.....	73
Figura 28: Asignación aleatoria caso ejemplo.....	74
Figura 29: Zonas de almacenaje de productos retornables temporada baja	79
Figura 30: Zonas de almacenaje de productos retornables temporada alta	81
Figura 31: Zonas de almacenaje de productos desechables	83
Figura 32: Modelo caso retornables temporada baja cargado en Solver	90
Figura 33: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada baja	92
Figura 34: Asignación por volumen caso retornables temporada baja.....	93
Figura 35: Modelo caso retornables temporada alta cargado en Solver.....	98
Figura 36: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada alta	100

Figura 37: Modelo caso desechables temporada baja cargado en Solver	104
Figura 38: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada baja	106
Figura 39: Modelo caso desechables temporada alta cargado en Solver	110
Figura 40: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada alta	112

Lista de Tablas

Tabla 1: Turnos del personal de patio	26
Tabla 2: Clasificación de productos según formato y material	29
Tabla 3: Clasificación ABC de productos en Coca-Cola Embonor	30
Tabla 4: Clasificación Súper ABC de productos en Coca-Cola Embonor	30
Tabla 5: Volumen de ventas promedio diarias según material.....	32
Tabla 6: Volumen de ventas comparado con número de pedidos	33
Tabla 7: Número de pedidos promedio diarios según material	33
Tabla 8: Áreas de la nueva bodega.....	34
Tabla 9: Distancias recorridas en armado de un pedido	39
Tabla 10: Criterios para evaluación de efectos indeseados	41
Tabla 11: Estadísticas de auxiliares 2016.....	43
Tabla 12: Detalle de tiempos empleados en armar 1 <i>pallet</i>	45
Tabla 13: Relación entre cajas por <i>pallet</i> y volumen de ventas de productos de baja rotación	50
Tabla 14: Detalle de cajas recogidas en una jornada promedio de trabajo.....	54
Tabla 15: Demanda y pedidos caso ejemplo	67
Tabla 16: Cantidad de ubicaciones de cada zona caso ejemplo	68
Tabla 17: Vector de ubicaciones necesarias caso ejemplo	69
Tabla 18: Matriz de viajes caso ejemplo	69
Tabla 19: Matriz de distancias caso ejemplo.....	69
Tabla 20: Matriz de distancias totales promedio esperadas ejemplo.....	70
Tabla 21: Asignación de ubicaciones caso ejemplo	72
Tabla 22: Mejoras obtenidas caso ejemplo.....	74
Tabla 23: Clasificación ABC según número de pedidos.....	76
Tabla 24: Familias de productos según material y ABC	77
Tabla 25: Cantidad de ubicaciones necesarias de almacenaje.....	78
Tabla 26: Cantidad de ubicaciones de cada zona retornable temporada baja	80
Tabla 27: Cantidad de ubicaciones de cada zona retornable temporada alta	81
Tabla 28: Distancia de cada zona retornable a entrada y salida	82
Tabla 29: Cantidad de ubicaciones de cada zona desechable.....	84
Tabla 30: Distancia de cada zona desechable a entrada y salida.....	84
Tabla 31: Familias de productos retornables.....	86
Tabla 32: Matriz de datos caso retornables temporada baja.....	86
Tabla 33: Vector de ubicaciones necesarias caso retornables temporada baja.....	86
Tabla 34: Matriz de viajes caso retornables temporada baja.....	87
Tabla 35: Matriz de distancias caso retornables temporada baja	87
Tabla 36: Matriz de distancias totales promedio esperadas retornables temporada baja	88

Tabla 37: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada baja.....	91
Tabla 38: Asignación aleatoria caso retornables temporada baja.....	94
Tabla 39: Mejoras obtenidas caso retornables temporada baja	95
Tabla 40: Matriz de datos caso retornables temporada alta.....	95
Tabla 41: Matriz de distancias totales promedio esperadas retornables temporada alta	96
Tabla 42: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada alta.....	99
Tabla 43: Mejoras obtenidas caso retornables temporada alta	101
Tabla 44: Familias de productos desechables	101
Tabla 45: Matriz de datos caso desechables temporada baja	102
Tabla 46: Matriz de distancias totales promedio esperadas desechables temporada baja.....	102
Tabla 47: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada baja	105
Tabla 48: Mejoras obtenidas caso desechables temporada baja.....	107
Tabla 49: Matriz de datos caso desechables temporada alta	108
Tabla 50: Matriz de distancias totales promedio esperadas desechables temporada alta.....	108
Tabla 51: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada alta	111
Tabla 52: Mejoras obtenidas caso desechables temporada alta.....	113

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de título consiste en la aplicación de un modelo matemático de ubicación de inventario que permita determinar dónde debe ser almacenado cada producto de la bodega de toma de productos y armado de pedidos de la empresa Coca-Cola Embonor.

La necesidad de ubicar los productos de una mejor manera nace ya que el proceso de armado de cargas no se está realizando eficientemente, demorando más tiempo que el esperado por la empresa. Además, no existe un sistema que determine dónde deben ser ubicados los productos en bodega, por lo que la ubicación de productos se designa de manera aleatoria.

El objetivo principal del trabajo es proponer un rediseño de *layout* de la bodega de *picking* de Coca-Cola Embonor de una manera tal que los trayectos recorridos por los auxiliares en el armado de cada pedido sean menores a los que se utilizan actualmente.

Introducción

La planta de Coca Cola Embonor S.A. proporciona productos de The Coca-Cola Company prácticamente a toda la Quinta Región, exceptuando la provincia de San Antonio. La función de Coca Cola Embonor S.A. es tanto embotellar una variada gama de productos de The Coca Cola Company, como distribuirlos a los clientes. Es para esto que la empresa cuenta con una gran planta de producción en la comuna de Concón, que es desde donde se suministra de productos a toda la región, y se programan las rutas de distribución de todo el país.

El presente trabajo de título se desarrolla en la planta antes mencionada, específicamente en la bodega de *picking*, dependiente del área de distribución y logística de la empresa. Hasta el minuto del estudio, la ubicación de los productos en la bodega se realiza intuitivamente. Esto acarrea una serie de problemas a la hora de preparar cada día los pedidos, lo que deriva en problemas a la hora de la distribución, e incumplimientos a los clientes.

La bodega almacena normalmente más de 200 productos diferentes, y se ve afectada por una demanda variable, dependiente principalmente del factor estacionalidad.

En el capítulo 1 se hace una descripción de la empresa, detallando su historia, estructura organizacional, y la situación actual del proceso de armado de pedidos. En esta sección se presenta información útil para el análisis del problema, esto es, volumen de ventas de los productos, cantidad de pedidos, y una descripción de la distribución actual de la bodega.

En el capítulo 2 se realiza el planteamiento del problema, haciendo énfasis en los principales efectos indeseados que se generan en la bodega de *picking*, y en el problema raíz, para posteriormente plantear los objetivos del trabajo.

En el capítulo 3 se describe el marco teórico a utilizar para el desarrollo de una solución al problema, incorporando conceptos de almacenamiento, preparación de pedidos y ubicación de inventario. En la parte final de este capítulo se indican modelos matemáticos de ubicación de inventario aplicables al problema.

En el capítulo 4 se detalla la metodología utilizada, que comienza con una clasificación de productos en familias, posteriormente se determina la cantidad de ubicaciones necesarias para almacenaje, luego se divide la bodega en zonas de almacenaje, y finalmente se aplica el modelo a diversas condiciones de almacenamiento que se dan en la empresa.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones que entrega este trabajo de título.

1. Antecedentes de la Empresa

1.1 Coca-Cola Embonor S.A.

Coca-Cola Embonor S.A. es una sociedad anónima abierta que se dedica principalmente a la producción y distribución de bebidas analcohólicas bajo la licencia de The Coca-Cola Company (T.C.C.C). Elabora, comercializa y distribuye en Chile y en Bolivia bebidas de las marcas Coca Cola, Coca Cola Zero, Coca Cola Light, Nordic Ginger Ale, Agua Tónica Nordic, Sprite, Sprite Zero, Fanta, Quatro, Tai, Inca Cola, Agua Mineral Vital, Agua purificada Dasani, Andina Frut, Jugos Kapo y Fuze Tea.

Fue constituida con fecha 3 de diciembre del año 1969, con el nombre de Embotelladora Arica S.A.I.C. En Chile, la empresa tiene la franquicia exclusiva para la producción y distribución de 239 productos en las siguientes regiones:

- Decimoquinta (Arica y Parinacota)
- Primera (Tarapacá)
- Quinta (Valparaíso), exceptuando la provincia de San Antonio
- Sexta (Libertador Bernardo O'Higgins), excluyendo la provincia de Cachapoal
- Séptima (Maule)
- Octava (Bío-Bío)
- Novena (Araucanía)
- Decimocuarta (Los Ríos)
- Décima (Los Lagos)

A lo largo del país, Coca-Cola Embonor S.A. posee 5 plantas embotelladoras de productos y 28 de centros de distribución para facilitar la entrega de los productos a lo largo de cada región. La localización de las plantas de producción se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Localización de plantas de producción de Coca-Cola Embonor
Fuente: Memoria Anual Coca-Cola Embonor 2015

Coca-Cola Embonor S.A. y sus filiales poseen en la actualidad aproximadamente 162.000 clientes, los que son atendidos una frecuencia promedio de dos veces por semana a través de una red de distribución que cuenta con 28 centros de operación y una flota de 430 camiones propiedad de terceros.

1.1.1 Hitos históricos

1962: Nace como embotelladora Arica S.A. con licencia para elaborar productos Coca-Cola en las ciudades de Arica e Iquique.

1974: Se inaugura planta en Arica, quintuplicando la capacidad de producción.

1988: Se inaugura planta en Iquique, franquicia que pasa a operar a través de la filial Embotelladora Iquique S.A.

1995: La compañía triplica su escala de producción con la compra de las franquicias y activos de embotellado de Embotelladoras Bolivianas Unidas (EMBOL) en La Paz, Cochabamba y Oruro.

1996: Se agregan las operaciones de Santa Cruz, Sucre y Tarija en Bolivia, pasando a abastecer el 95% de dicho mercado.

1997: Apertura en Bolsa de Comercio de Santiago. Con la adquisición del 18,7% de EMBOL se pasa a controlar el 99,9% de esta empresa.

1999: La compañía adquiere las sociedades embotelladoras de propiedad de Inchcape PLC. En Chile, Embotelladoras Williamson Balfour S.A. (99,9%) y sus plantas de Viña del Mar, Talca, Concepción, Temuco y Puerto Montt y en Perú, Embotelladora Latinoamérica S.A. (ELSA) (64,3%) e Industrial Iquitos S.A. (66,1%) y sus plantas de Arequipa, Cuzco, Ica, Lima, Callao, Trujillos e Iquitos. Con esto la compañía pasa a abastecer productos Coca-Cola en el 35% del mercado chileno y en el 90% del mercado peruano.

2000: La compañía pasa a denominarse Coca-Cola Embonor S.A., luego que TCCC autoriza que su marca Coca-Cola forme parte del nombre.

2004: La compañía vende su participación en Embotelladora Latinoamericana S.A., su operación peruana.

2005: Reorganización societaria radica las operaciones de producción, embotellado y ventas de la filial Embonor S.A. en Coca-Cola Embonor S.A., manteniendo en dicha filial las actividades de transporte y logística.

2006: The Coca-Cola Company autoriza a la compañía a producir bebidas no carbonatadas (jugos) y aguas (purificadas y saborizadas). Adicionalmente, la compañía adquiere el 26,4% del capital accionario de Vital Aguas S.A. y firma contrato de abastecimiento de jugos, a precios preferentes, hasta el año 2015 con Vital S.A. (filial de Embotelladora Andina).

Mediante una reorganización societaria, la compañía comienza con la producción de botellas no retornables, en filial Embonor Empaques S.A., antes Embonor Holdings S.A.

2007: Se incorpora al portafolio la marca Benedictino, adquirida por los embotelladores del sistema Coca-Cola.

2013: La sociedad adquiere el piso 4 del edificio El Golf 40, Las Condes, Santiago, trasladando a tal lugar sus oficinas corporativas, además de adquirir lotes para la ampliación de sus terrenos en Temuco, Arica, y 3 ciudades de Bolivia.

2015: Producto de un reordenamiento integral de las operaciones de embotellado de bebidas gaseosas en la zona centro-sur del país, en mayo de 2015 la sociedad puso término a la operación de embotellado de la planta de Talcahuano.

1.2 Coca-Cola Embonor S.A. Planta Viña del Mar

En la Quinta Región, la empresa cuenta con una planta denominada Planta Viña del Mar, caracterizada por ser tanto productora de bebidas como centro de distribución; 2 centros de distribución adicionales (San Felipe y Placilla), y 3 *cross-docking* (Viña del Mar, Hijuelas y La Ligua).

La Planta Viña del Mar se encuentra ubicada en el Camino Internacional #13255, en el sector de Puente Colmo, comuna de Concón, como se aprecia en la Figura 2.

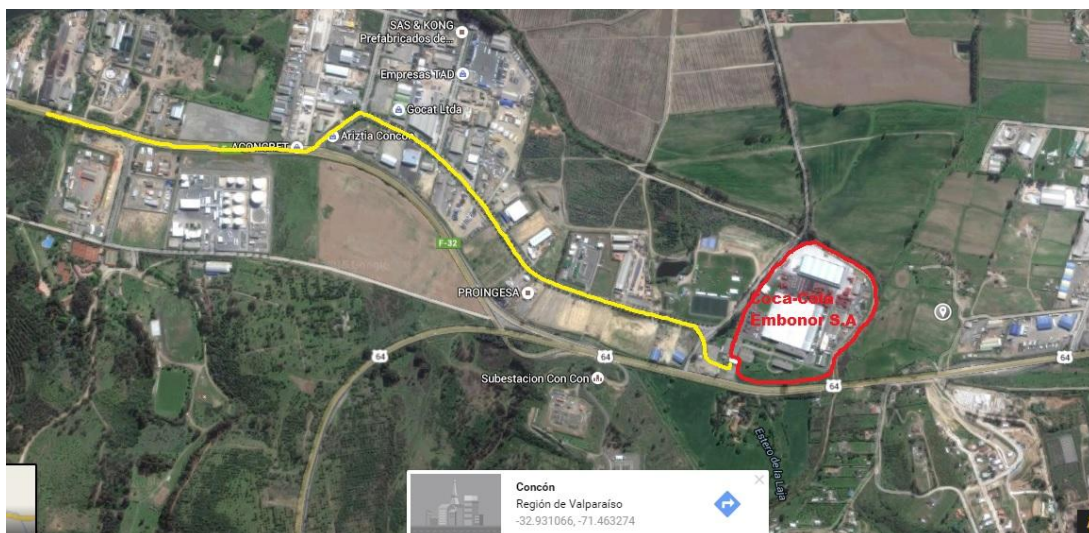


Figura 2: Localización de Planta Viña del Mar

Fuente: Google Maps

La Planta Viña del Mar cuenta con 114.624m² en total, siendo 29.672m² de construcción, de los cuales 7.980m² son sector exclusivo de bodegaje de productos terminados y 5.000m² de sector de recolección de productos para el armado de cargas (bodega de *picking*). La Figura 3 destaca la ubicación de ambos sectores en la planta.



Figura 3: Ubicación de bodegas de Planta Viña del Mar
Fuente: Google Maps

Actualmente la planta embotelladora ubicada en Concón es la más importante del país, y desde su bodega de *picking* se deben recoger cada día los productos para abastecer a 12.201 clientes de la Quinta Región, además de los centros de distribución y *cross-docking* ya mencionados.

1.2.1 Historia

La Quinta Región de Valparaíso fue una de las primeras regiones en tener una planta de embotellado de Coca-Cola a nivel nacional, junto a la Región Metropolitana. Desde el año 1958 que se produce la bebida bajo la licencia de The Coca-Cola Company por parte de la empresa Embotelladoras Williamson Balfour S.A., la cual tuvo diversas ubicaciones en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar. Durante los años 90, la venta de Coca-Cola y las

bebidas asociadas a la marca tienen un incremento importante, de alrededor del 13% entre el año 1990 y 1997, y con proyecciones positivas en el crecimiento de las ventas, por lo cual, la Embotelladora debe expandir su capacidad de producción, determinando cambiar su posición de la planta desde la localidad de El Salto, Viña del Mar, hasta el sector de Puente Colmo, comuna de Concón¹.

Esta nueva planta de embotellado comienza a construirse en el año 1996, demorando alrededor de un año y medio en terminar. La planta embotelladora ubicada en Concón, llamada “Planta Viña del Mar” fue inaugurada el día 27 de Octubre del año 1997. La instalación ocupa un espacio de 11 hectáreas (comparadas con las 1,3 hectáreas de la planta ubicada en El Salto). En sus inicios, la planta fue diseñada para operar sin dificultades durante 20 años, contando con 2 líneas de producción que elaboran 300 botellas por minuto, llegando a producir 136 millones de litros en un año. En las líneas de producción se elaboraban hasta ese minuto los productos Coca-Cola, Diet Coca-Cola, Fanta, Sprite, Diet Sprite y Quatro².

Uno de los mayores hitos ocurridos en la historia de la planta fue el traspaso de la empresa Williamson Balfour S.A a Coca-Cola Embonor S.A., en el año 1999, por lo cual, la planta pasa a poder de la nueva empresa operadora de la marca The Coca-Cola Company en Chile, junto a Embotelladora Andina S.A y Coca-Cola Polar S.A., siendo esta última absorbida por Andina. En los años venideros, la planta ha sufrido cambios en sus líneas de producción, siendo este último en el año 2013, donde se implementó la línea de embotellamiento capaz de proveer el llenado del formato 3 litros retornables, el cual, hasta antes de la llegada de la nueva línea de producción, no era comercializado en la región³. A su vez, el área de *picking* y bodegaje ha sido ampliada dentro del mismo terreno de la planta, manteniendo siempre las 11 hectáreas de espacio físico, pero aumentando los m² de espacio físico construido.

¹ Revista corporativa “Wilvito” Número 12, página 3, Diciembre 1997.

² Revista corporativa “Wilvito” Número 12, página 8, Diciembre 1997.

³ Memoria Anual Embonor 2013, página 8, Enero 2014.

1.2.2 Organigrama general de Planta Viña del Mar

La planta de embotellado cuenta con siete grandes áreas. En la Figura 4 se presenta el organigrama general de la Planta, para visualizar cuales son las siete áreas mencionadas.

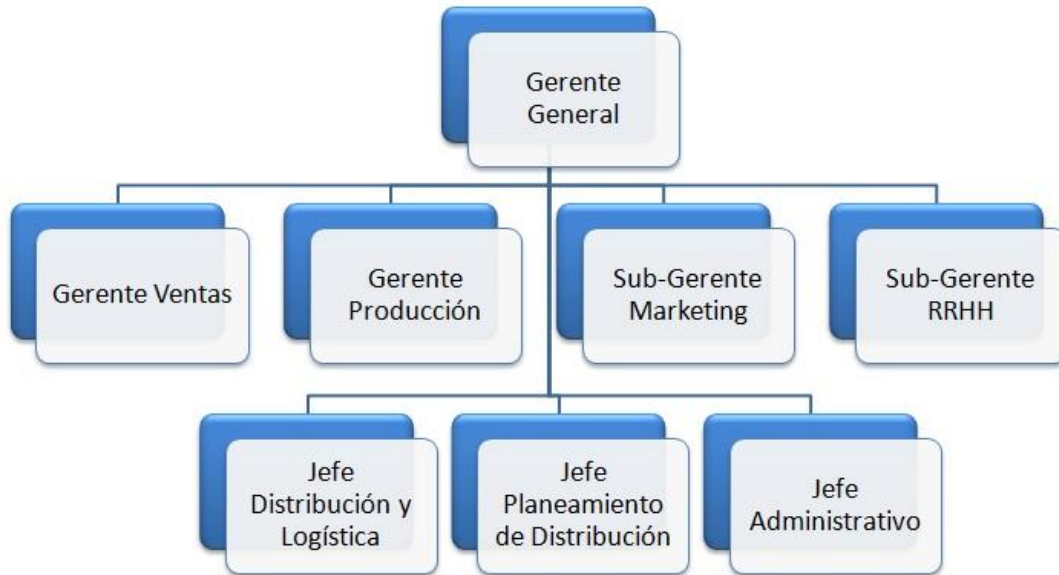


Figura 4: Organigrama general de Planta Viña del Mar

Fuente: Elaboración propia

La gerencia general está encargada de liderar y alinear las diferentes áreas de Coca-Cola Embonor. Para aquello, se realizan evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos. Desde la gerencia general se deben planear y desarrollar metas a corto, mediano, y largo plazo, junto con objetivos anuales, para así entregar al directorio antecedentes de la situación de la empresa.

La gerencia de ventas es la encargada de liderar el equipo de ventas de la empresa, planificando y dirigiendo acciones de los vendedores. Entre sus principales funciones se encuentran segmentar a los clientes, y definir tanto metas como incentivos de ventas en base a la demanda histórica. Desde gerencia de ventas se controlan los procesos de facturación y servicio post venta.

La gerencia de producción debe garantizar el buen funcionamiento de las líneas de producción, supervisando el trabajo del personal y haciendo frente a los problemas que pueda presentar la maquinaria de la empresa. Una de sus funciones más importantes es cumplir con la cantidad a producir, en base al pronóstico de la demanda del departamento de ventas.

El departamento de marketing está enfocado principalmente en el estudio de mercado y la búsqueda de nuevas oportunidades para la empresa. Normalmente en el departamento de marketing de una empresa cualquiera se debe dar énfasis en el desarrollo y posicionamiento de la marca, pero en el caso de Coca-Cola Embonor estas tareas son mínimas, ya que prácticamente toda campaña promocional viene impuesta por The Coca-Cola Company.

El departamento de recursos humanos es el encargado de identificar las necesidades de personal que tiene la empresa, para así realizar la búsqueda y selección necesarias. Además del reclutamiento, el departamento debe garantizar una buena comunicación entre todos los niveles de la empresa, otorgando las facilidades necesarias para establecer un buen clima laboral.

En cuanto a la logística de la empresa y la distribución de los productos, ésta se divide en tres áreas: Distribución y Logística, Planeamiento de Distribución, y Administración. Las 3 áreas dependen directamente del Gerente General.

Planeamiento de distribución es el departamento encargado de agrupar los pedidos, y elaborar las rutas de entrega diarias de acuerdo a la información entregada desde el departamento de ventas. En este departamento (conocido internamente como distribución central) trabajan básicamente programadores determinando quién debe entregar, qué debe entregar, y a quién debe entregar.

Una vez que distribución central ha establecido el cómo distribuir los productos vendidos a los clientes, distribución y logística se encarga tanto del armado de los pedidos, como de la relación contractual con las empresas externas que otorgan el servicio de traslado de productos a los clientes, a fin de asegurar que los productos se entreguen de manera oportuna.

El jefe administrativo en tanto, es el encargado del área de expedición de la empresa. En expedición se controla todo ingreso y salida de productos desde la planta.

1.3 Situación actual

Se detalla cómo es al momento de este trabajo el proceso de venta y armado de pedidos, y cómo es el manejo de la bodega de *picking*, poniendo énfasis en cuáles son los productos a considerar, su respectiva clasificación, y cómo es actualmente la distribución de estos productos en bodega.

1.3.1 Descripción del proceso de venta

En la Figura 5 se presenta el proceso de venta de productos utilizado en Coca-Cola Embonor S.A., y los departamentos que se ven involucrados en dicho proceso, considerando desde que se realiza el pedido, hasta que se hace la entrega del producto al cliente.

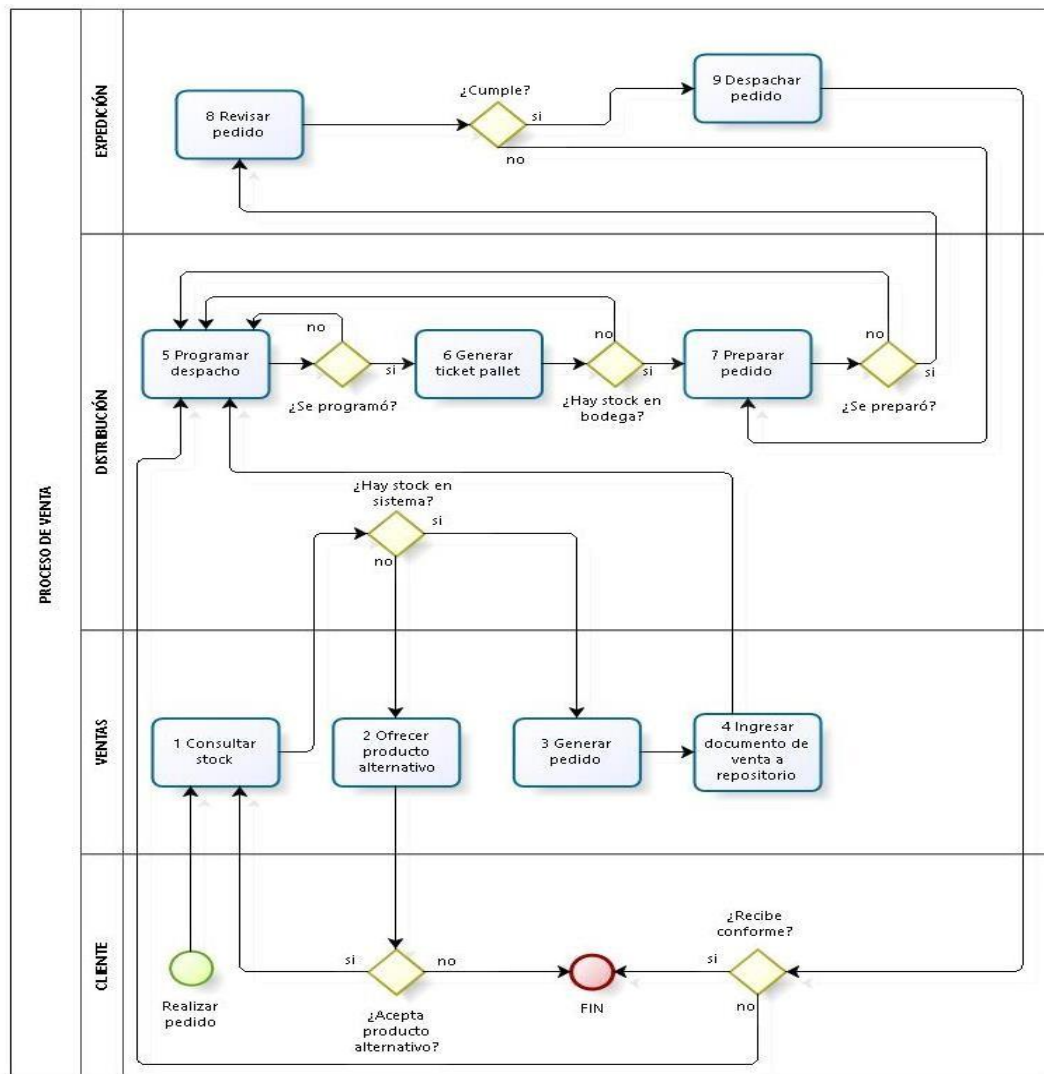


Figura 5: Diagrama del proceso de venta

Fuente: Elaboración propia

Pasos del proceso de venta

1.- Cada día los vendedores de la empresa toman contacto con sus clientes con el fin de recopilar los pedidos de productos necesarios para abastecer los locales de venta al público. Mediante un sistema electrónico, estos vendedores pueden ingresar la orden al sistema del departamento de ventas, el cual les permite saber inmediatamente si existe o no stock de cada uno de los productos solicitados por el cliente.

2.- En el caso de no existir stock en el sistema, el vendedor ofrece productos alternativos con el fin de generar la venta. Puede ocurrir que el cliente no acepte el producto alternativo y en ese caso se da por finalizado el intento de venta.

3.- Si existe stock suficiente en sistema, o bien el cliente acepta la sugerencia alternativa del vendedor, se genera el pedido.

4.- El departamento de ventas es el encargado de ingresar el documento de venta con el detalle al sistema interno conocido como repositorio, indicando quién es el que pide (cliente y sus respectivos datos de contacto), qué es lo que pide (detalle de productos), y cuánto es lo que pide (detalle de cajas físicas solicitadas por cada producto).

5.- Ingresado el documento de venta de cada cliente en el repositorio, es el departamento de planeamiento de distribución el encargado de programar los despachos de los productos solicitados de acuerdo a la capacidad de los camiones disponibles, y las zonas pre-establecidas que recorre cada camión de reparto.

6.- Programado ya a qué cliente debe abastecer cada uno de los camiones, el departamento de planeamiento de distribución agrupa los pedidos que llevará cada camión y genera un nuevo documento llamado *Ticket Pallet*, el cual agrupa en una sola unidad de medida (pallet) todas las cajas físicas vendidas durante el día.

Un *ticket pallet* (Figura 6) equivale a un pallet de carga en un camión, y puede tener sólo un pedido (por ejemplo para cliente mayorista), o varios pedidos incorporados (para comercios minoristas). También puede ser un pallet que contenga solamente un tipo de producto (conocido como pallet completo), o varios productos diferentes.

Cada pallet se confecciona con 4 capas. El número de cajas físicas totales que tendrá el pallet dependerá de qué productos contenga, ya que no todos los productos poseen iguales dimensiones, y por ende no todos los productos requieren igual cantidad de cajas físicas para completar un pallet. Por ejemplo un pallet de Coca-Cola 3lts retornable se arma con 40 cajas físicas del producto, mientras que un pallet de Coca-Cola 591cc desechable requiere 210 cajas para confeccionarse.

Entrega: 08/10/15		Página 7	
Formato	Codigo Articulo	Plas	Cajas Bot SubT
250 OW x06	0125 C.COCA 250cc OW X06		13
	0525 FANTA 250cc OW X06		6
			19
1.0 OW x06	0173 C.COCA 1000cc OW X06		8
	0373 COKE LIGHT 1000CC OW X06		2
	2131 VITAL SIN GAS X06 PET 990 CC		1
	4692 POWERADE FROZEN BLAST X06 PET 1000 CC		1
			12
1.1 OW x06	0731 SPRITE 1100cc OW X06		3
	0531 FANTA 1100cc OW X06		2
			5
2.5 OW x06	0143 C.COCA 2500cc OW X06		2
	0378 COKE ZERO X06 PET 2500 CC		2
	0343 COKE LIGHT 2500cc OW X06		1
	0743 SPRITE 2500cc OW X06		1
			6
3.0 OW x06	0154 C.COCA 3000cc OW X06		10
	0754 SPRITE 3000cc OW X06		4
	0554 FANTA 3000cc OW X06		2
	0354 COKE LIGHT X06 PET 3000 CC		1
			17
200 SACHET x24	7857 KAPO PI#A LIGHT 1X24 SACHETTE 200CC		5
	7855 KAPO NARANJA LIGHT 1X24 SACHETTE 200CC		4
	7861 KAPO FRAMBUESA LIGHT 1X24 SACHETTE 200CC		3
	7859 KAPO MANZANA LIGHT 1X24 SACHETTE 200CC		2
			14
200 TPACK x06	1123 AND MANZANA 200cc TPACK X06		6
	7223 NECTAR DURAZNO X06 TETRA 200CC		6
	1423 AND PI-A 200cc TPACK X06		5
	7123 NECTAR DAMASCO X06 TETRA 200CC		4
	1523 AND NARANJA 200cc TPACK X06		3
			24
1.0 TPACK x06	1426 AND PINA 1000cc TPACK X06		8
	1526 AND NARANJA 1000cc TPACK X06		2
	7226 NEC DURAZNO 1000CC TPACK X06		2
	1126 AND MANZANA 1000cc T.PACK X06		1
			13
			110

CONFECCIONADO POR



518a 0472-09.10

Figura 6: Ejemplo de *Ticket Pallet*
Fuente: Coca-Cola Embonor

El *ticket pallet* de la Figura 6 indica las siguientes características del pedido:

- Formato: Indica de cuántos cc. o lts. es cada producto, de qué material es, y cuántas unidades vienen en una caja física.
- Código: Indica el código asignado a cada unidad de almacenaje del producto.
- Artículo: Indica el nombre en sistema de cada producto.
- Cajas: Indica cuántas cajas físicas de cada producto deben incluirse en el *pallet*.

A su vez, cada *ticket pallet* está asociado a un código único con el siguiente formato:

518a 0472-09.10

- **518a**: Corresponde cargar este *pallet* armado en el camión 518, para su viaje “a” (primer viaje del día).
- **0472**: Es el *ticket pallet* número 0472 del total de *pallets* a confeccionar en el día.
- **09.10**: Se debe cargar este *pallet* en el espacio número 09, del total de 10 *pallets* que recibirá el camión.

7.- Diariamente, principalmente en turnos de noche, son preparadas las cargas de los camiones en dependencias de la empresa basándose en cada *ticket pallet* para ser distribuidas durante la mañana siguiente. Tanto la preparación del pedido, como la distribución del mismo, son de responsabilidad del departamento de distribución y logística.

La empresa almacena los productos en dos bodegas diferentes: una es la bodega de productos terminados, en donde se almacena todo el producto que se genera en la planta de producción, y la otra es la bodega de *picking*, en donde se almacenan todos los productos que ofrece la compañía (propios y adquiridos), clasificados principalmente en productos retornables (también llamados REF), y productos desechables (también llamados OW). En el área de *picking* deben estar disponibles en cada turno todos los productos, tanto desechables como retornables, para que los trabajadores de la bodega puedan confeccionar cada uno de los *pallets* que se cargarán en los camiones que saldrán a reparto.

Cada auxiliar toma una hoja con el detalle del *ticket pallet*, recoge los productos indicados en dicha hoja, arma un *pallet*, y lo deja en una zona exterior de la bodega para que un operador de grúa sitúe el *pallet* en el camión correspondiente. El tiempo que demora este proceso va a depender principalmente del detalle del *ticket pallet*. Un *ticket pallet* que incluya solamente un tipo de producto puede completarse en 5 minutos, mientras que un *ticket pallet* que incluya muchos productos diferentes puede demorar más de 60 minutos en completarse. En caso de que el pedido no logre armarse ya sea por falta de tiempo o por falta de stock del producto en bodega, el pedido debe ser programado nuevamente en la siguiente jornada.

8.- Preparado el pedido, éste pasa a expedición, departamento fiscalizador encargado de que la carga del camión corresponda con el detalle de cada *ticket pallet*. En caso de no cumplir, el pedido es devuelto a la bodega de *picking* y debe ser preparado nuevamente.

9.- En caso de cumplir, expedición despacha el pedido.

Despachados los productos, existe la probabilidad que el pedido no sea entregado o bien de que el cliente lo rechace. Las razones más comunes para que esto ocurra son que exista error en el pedido por haber sido mal tomado o mal armado, que el repartidor llegue fuera de horario de atención, o que el cliente no tenga dinero, entre otras. Si el pedido no se entrega, este puede ser considerado un retorno (se cancela el pedido), o pendiente (se entrega en jornada siguiente), pero en ambos casos los pedidos deben ser desarmados, y los productos del pedido vuelven al inventario de la bodega de *picking*.

Si el cliente recibe conforme el pedido, se da por finalizado el proceso de venta.

1.3.2 Descripción del área a trabajar: Distribución y Logística

El siguiente trabajo de título se desarrolla en Distribución y Logística, específicamente en Patio (al interior de la empresa se utiliza el término Patio para referirse a la zona de armado de pedidos que incluye tanto la bodega de *picking* como los lugares exteriores destinados a la carga de camiones). La Figura 7 muestra el organigrama de este departamento, y las áreas que interactúan en su interior.

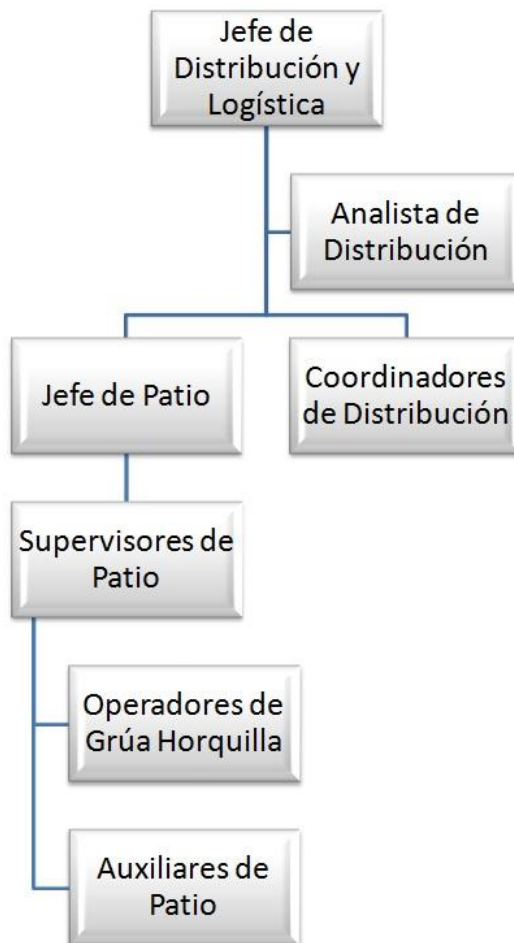


Figura 7: Organigrama del departamento de Distribución y Logística
Fuente: Elaboración propia

Para ver los objetivos de cada cargo en el departamento y sus respectivas funciones en la empresa puede ver Anexo 1.

Los objetivos principales de la jefatura de distribución y logística son dos:

- Gestionar los recursos en patio (mano de obra), para preparar cargas y cargar camiones con el producto Coca-Cola.
- Gestionar la flota de camiones de distribución de manera eficiente y con calidad de servicio.

La entrega eficiente de productos es responsabilidad de los coordinadores de distribución, los cuales deben controlar la carga y despacho de los camiones. A cada uno de los coordinadores se le asigna un número determinado de clientes, lo que permite un trato personalizado, puesto que en caso de cualquier inconveniente, el cliente sabe a qué coordinador debe recurrir, y es el coordinador el encargado de gestionar la carga del camión, y el despacho del pedido.

La preparación de las cargas es responsabilidad de patio. El jefe de patio debe asegurar la demanda comercial de productos para toda la franquicia con el menor impacto en todos los puestos asociados, participando en la elaboración del plan de producción, para satisfacer los requerimientos de la planta y otros embotelladores, a fin de evitar quiebres de stock.

El personal total que participa en patio se encuentra dividido en 3 turnos rotativos: Mañana, Tarde y Noche. Cada turno tiene asignadas distintas tareas, con un supervisor a cargo. La Tabla 1 indica las características principales de cada turno.

Tabla 1: Turnos del personal de patio

Turno	Horario	Personal	Funciones principales
Mañana	07:30-15:00	15	Acarreo y recargue
Tarde	16:00-23:30	10	Acarreo y movimiento de envases
Noche	00:00-07:30	22	<i>Picking</i>

Fuente: Elaboración propia

El turno de mañana se dedica al recargue, que es como se conoce la descarga de los envases vacíos de los camiones que ya volvieron de reparto, y la carga de estos mismos camiones con más productos en caso de que tengan que salir nuevamente ya sea a una segunda, o a una tercera vuelta. Además, los operadores de grúa de este turno deben comenzar con la reposición de productos en la bodega de *picking*, acarreando desde la bodega de productos terminados.

El turno de tarde está destinado principalmente al movimiento de envases vacíos, con el fin de reutilizar los envases retornables que estén en condiciones de salir nuevamente al mercado, y al movimiento de productos desde la bodega de productos terminados hacia la bodega de *picking*, de manera que todos los productos en venta estén disponibles en la bodega para el turno de noche.

La mayoría del personal de patio se encuentra en el turno de noche, que es el encargado de preparar las cargas de cada camión, por lo que la mayoría de los operarios de este turno están asignados a la tarea de *picking*. Generalmente existen 16 auxiliares destinados a armar pedidos, aunque en períodos de alta demanda se contratan operarios de apoyo para aumentar la capacidad de trabajo del equipo. Gran parte de los auxiliares se movilizan al interior de la bodega de *picking* en transpaletas eléctricas (existen 10 transpaletas destinadas a la operación), y el resto de los auxiliares se moviliza caminando. Adicionalmente, se cuenta con 4 operadores de grúa horquilla en el turno, dejando 2 operadores para las labores a realizar en el interior de la bodega (generalmente bajar producto almacenado en racks en altura, y reposición de productos), y 2 en el exterior para la carga de camiones. El turno de noche cuenta también con un operario receptor de producción, y un supervisor del turno.

Si bien lo ideal es conseguir armar todos los pedidos a distribuir en el día durante el turno de noche, en ocasiones la cantidad de cajas a mover sobrepasan la capacidad del equipo de trabajo del turno, y el turno finaliza sin completar todos los pedidos. Cuando ocurre dicha situación, se destinan auxiliares del turno de mañana para continuar el armado de pedidos pendientes.

1.3.3 Descripción de productos

Cada uno de los productos comercializados por Coca-Cola Embonor es identificado mediante un código numérico único. Cada producto que difiera de otro ya sea por sus características físicas, sabor, formato, marca, etc. tendrá asignado un código particular. Una Coca-Cola de 1 litro de formato desechable tendrá asignado un código, mientras que una Coca-Cola de 1 litro formato retornable tendrá asignado un código numérico diferente.

La forma de almacenar productos en la compañía es a nivel de *pallets*, los cuales son constituidos por una cierta cantidad de cajas físicas. Tal como se mencionó anteriormente dependerá de las dimensiones de una caja física del producto la cantidad de cajas que completen un *pallet*.

Se hace énfasis en el concepto de cajas físicas ya que en la empresa también es bastante utilizado el concepto cajas unitarias como unidad de medida de ventas. Una caja física se define como el formato físico en el cual se agrupa y almacena un producto. Por otro lado, una caja unitaria es una conversión promedio que hace referencia a cajas de botellas de 8 onzas, la cual es utilizada como unidad comparativa respecto a los valores de venta.

A modo de ejemplo, una caja física de producto retornable Coca-Cola 237cc. posee 24 botellas (5.688cc) y equivale a 2 cajas unitarias, mientras que una caja física del producto retornable Coca-Cola 2.000cc. contiene 8 botellas (16.000cc) y equivale a 5 cajas unitarias.

De aquí en adelante en este estudio siempre que se hable de cajas se estará haciendo relación a las cajas físicas del producto, salvo que se especifique lo contrario.

Durante el año 2016 Coca-Cola Embonor comercializó 239 productos, los cuales se pueden diferenciar y agrupar según diversos criterios:

Según formato:

- Formato retornable
- Formato desechable

Según material:

- Bag in box
- Lata
- Vidrio
- Plástico retornable (Ref Pet)
- Plástico desechable (One Way Pet)
- Tetra pack
- Sachettes
- Tanque

Según rotación:

- Alta rotación
- Mediana rotación
- Baja rotación

Según volumen:

- Personales (180, 200, 237, 250, 300, 350, 400, 591 y 600cc.)
- Familiares (1.000, 1.100, 1.250, 1.500, 1.600, 1.750, 2.000, 2.300, 2.500 y 3.000cc.)
- Superiores (5.000 y 10.000 cc.)

Según sabor:

Coca-Cola	Fanta	Sprite	Quatro
Tai	Vital	Ginger Ale	Powerade
Tónica	Néctar Andina	Nestea	Otros

1.3.3.1 Productos según material

- **Bag in box:** Existen 10 productos en esta clasificación. Son productos de alto volumen (10-20lts.), ofrecidos generalmente para negocios que cuenten con dispensadores de bebidas.
- **Lata:** Existen 17 productos en esta clasificación. Productos de bajo volumen.
- **One Way:** Existen 129 productos en esta clasificación. Son los llamados productos de plástico desechable. Debido a lo heterogéneo de este grupo, existen diversos tamaños en los productos que lo componen, aunque en su mayoría son de un volumen medio.
- **Ref Pet:** Existen 20 productos en esta clasificación. Se incluyen todos los productos retornables a excepción de los productos de vidrio. Los productos de este grupo cuentan con volúmenes entre 1.500cc. y 3.000cc.
- **Sachette:** Existen 8 productos en esta clasificación. Son productos de marca Kapo, en 8 variedades de sabor y presentación. Su volumen es bajo.
- **Tanque:** Existe un producto en esta clasificación. Es el producto de mayor volumen en venta (300.000cc.). Se vende principalmente a empresas para consumo interno.
- **Tetra pack:** Existen 23 productos en esta clasificación. Son productos en caja, generalmente de tamaños pequeños y medianos (desde 200cc. hasta 1.500cc).
- **Vidrio:** Existen 31 productos en esta clasificación. Son todos productos retornables, con volúmenes que varían entre 237cc. y 1.500cc.

De todos los materiales mencionados en la clasificación, debido a su gran volumen el Tanque requiere trato especial a la hora de su venta y traslado, y se almacena por separado, por lo tanto, al no ser un producto existente en bodega de *picking*, de aquí en adelante no será considerado, y se contabilizarán los 238 productos restantes.

La Tabla 2 resume la clasificación de los 238 productos a considerar según su formato y material.

Tabla 2: Clasificación de productos según formato y material

Clasificación	Cantidad de productos
Productos Retornables	
- Ref Pet	20
- Vidrio	31
Productos Desechables	
- Bag in box	10
- Latas	17
- One Way	129
- Sachette	8
- Tetra pack	23
Total	238

Fuente: Elaboración propia

1.3.3.2 Productos según rotación

Si bien estos 238 productos se dividen principalmente bajo el criterio del formato en retornables (51 productos), y desechables (187 productos), la empresa divide los productos en clases basándose en el volumen de ventas diarias promedio de cada producto. La Tabla 3 indica la clasificación ABC de los 238 productos.

Tabla 3: Clasificación ABC de productos en Coca-Cola Embonor

Clase	Volumen de ventas promedio (pallet/día)	Porcentaje de participación	Cantidad de productos
A	402,69	79,76%	54
B	76,83	15,22%	65
C	25,34	5,02%	119

Fuente: Elaboración propia

De los 238 productos considerados, 54 productos tienen casi el 80% de participación en las ventas mensuales, pero a su vez dentro de estos 54 productos, 15 productos tienen cerca del 50% de la participación total de las ventas diarias, por lo que la empresa integra una nueva clase llamada SUPER A, cuyo detalle se indica en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación Súper ABC de productos en Coca-Cola Embonor

Clase	Volumen de ventas promedio (pallet/día)	Porcentaje de participación	Cantidad de productos
SUPER A	248,90	49,30%	15
A	153,79	30,46%	39
B	76,83	15,22%	65
C	25,34	5,02%	119

Fuente: Elaboración propia

65 productos tienen el 15% de participación y forman parte del grupo B.

Finalmente, 119 productos tienen sólo el 5% de participación del volumen de ventas de la empresa, y conforman el grupo C.

Para el detalle de los 238 productos y la respectiva clasificación que utiliza Coca-Cola Embonor puede ver Anexo 2.

1.3.4 Volumen de ventas

La Figura 8 muestra la tendencia en las ventas totales mensuales de la empresa durante los años 2014, 2015, y 2016, medido en cajas físicas.

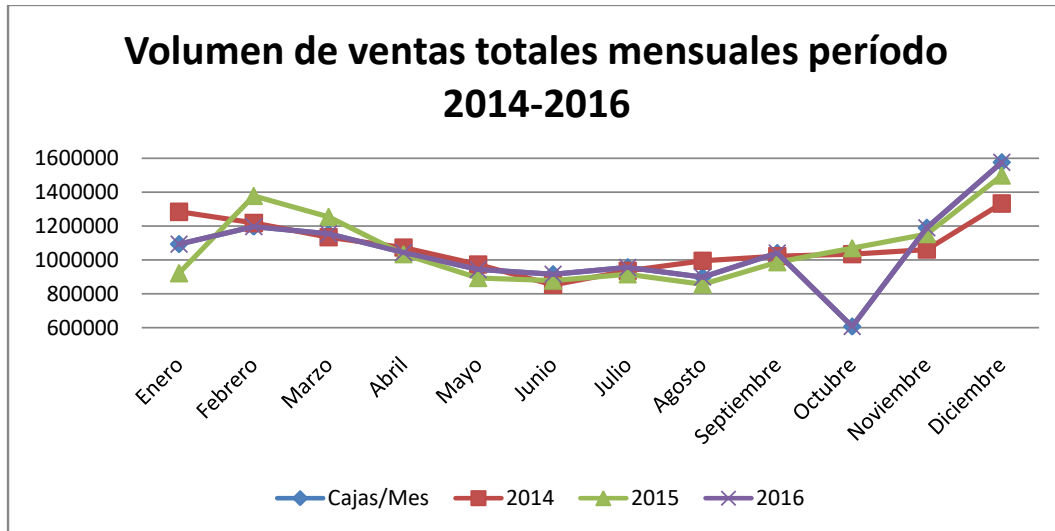


Figura 8: Volumen de ventas mensuales período 2014-2016

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que durante el mes de Octubre del año 2016 existió una paralización por parte de los trabajadores durante 12 días, por lo que el dato es muy diferente a lo que ocurre normalmente un mes de Octubre. Misma situación para el mes de Enero del año 2015, en donde la paralización fue de 6 días.

Como se puede apreciar, considerando la información entregada, las ventas de la empresa se encuentran fuertemente marcadas por la estacionalidad. Existe una subida importante en las ventas en las estaciones de primavera y verano, mientras que en estaciones de otoño e invierno el volumen de ventas baja considerablemente.

La mayor demanda siempre se genera durante el mes de Diciembre, en cuyo mes normalmente se vende un 50% más que el promedio mensual del año, y hasta un 75% más que el mes de más baja demanda, que generalmente es Junio.

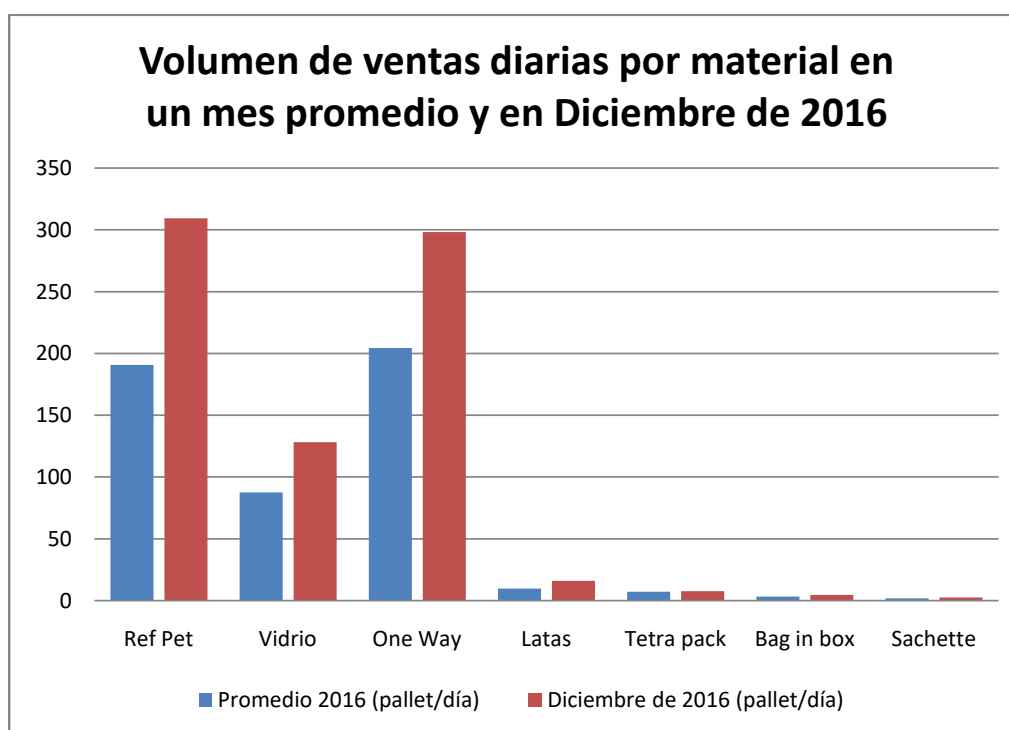
La Tabla 5 indica el promedio de ventas diario medido en *pallets* de cada grupo de productos según su material (considerando todos los pedidos del año 2016), y el promedio de ventas diarias en el mes de máxima demanda, que es Diciembre de 2016.

Tabla 5: Volumen de ventas promedio diarias según material

Material	Ventas promedio 2016 (pallet/día)	Ventas promedio Diciembre 2016 (pallet/día)
Bag in box	3,26	4,67
Lata	9,81	15,97
One Way	204,38	298,31
Ref Pet	190,79	309,32
Sachette	1,81	2,59
Tetra pack	7,31	7,76
Vidrio	87,49	128,22

Fuente: Elaboración propia

Para ver con mayor claridad estos datos, se representan gráficamente en la Figura 9.

**Figura 9: Volumen de ventas promedio diarias por material**

Fuente: Elaboración propia

Tanto en el promedio diario considerando todos los días del año, como en el promedio diario del mes de máxima demanda, las mayores ventas se presentan en ambos grupos de productos retornables (Ref Pet y Vidrio), y los productos One Way del sector de productos desechables.

1.3.5 Número de pedidos y viajes

Un volumen de ventas de 100 cajas al día no necesariamente implica que los auxiliares se dirigieron 100 veces a la ubicación del producto, puesto que no siempre se retira solamente una unidad del producto. Por lo mismo, se hace necesario incorporar un nuevo concepto llamado viajes, que está directamente relacionado al número de pedidos. Un número de 100 pedidos indica que un producto fue retirado 100 veces diferentes desde su lugar de almacenaje, es decir, sin considerar si se retiró sólo una unidad o más del producto, fue necesario desplazarse hacia la ubicación del producto 100 veces durante el día.

Para clarificar la diferencia entre el volumen de ventas y el número de pedidos se considera el siguiente ejemplo: Dos productos (producto **A** y producto **B**), de los cuales se venden diariamente 50 cajas de cada uno, puede presentarse que el producto **A** es requerido en un pedido de 50 unidades, mientras que el producto **B** es solicitado en 50 pedidos de una unidad. La Tabla 6 resume la situación descrita.

Tabla 6: Volumen de ventas comparado con número de pedidos

Producto	Volumen de ventas (cajas/día)	Número de pedidos (viajes/día)
A	50	1
B	50	50

Fuente: Elaboración propia

Un volumen de ventas 50 cajas por día indica que en el día se vendieron 50 unidades del producto en el total de pedidos. Un número de pedidos 50 indica que en el período considerado 50 pedidos incluyen al menos una unidad del producto, y se generan 50 viajes al producto. Con el ejemplo se aprecia claramente que el mayor volumen de ventas de un producto no necesariamente representa una mayor cantidad de viajes de recolección.

La Tabla 7 indica el número de viajes promedio al día que genera cada uno de los grupos de productos (según material) en un día promedio y en el mes de mayor demanda:

Tabla 7: Número de pedidos promedio diarios según material

Material	Número de pedidos promedio 2016 (viajes/día)	Número de pedidos promedio Diciembre 2016 (viajes/día)
Bag in box	52,23	75,15
Lata	320,39	521,80
One Way	2.271,25	3.589,91
Ref Pet	845,09	1.358,80
Sachette	37,06	53,85
Tetra pack	346,38	365,81
Vidrio	622,03	917,25

Fuente: Elaboración propia

1.3.6 Descripción de la distribución actual

Para aumentar su capacidad de almacenaje y así poder cubrir el aumento sostenido de la demanda en los últimos años, la empresa determinó construir una bodega de poco más de 5 mil metros cuadrados de superficie (110,76m de largo x 47,4m de ancho), dividida en las áreas mencionadas en la Tabla 8:

Tabla 8: Áreas de la nueva bodega

Áreas	Superficie (m ²)
Sala de recuperación de productos	305,41
Operación Retorno	755,15
Zona Tigger	1.042,80
Picking	2.085,60
Out B	832,64
Zona de Productos Sensibles	227,86

Fuente: Plano ampliación de bodegas Coca-Cola Embonor

Dentro de esta bodega, se asignan más de 2 mil metros cuadrados para ubicación de productos que serán utilizados para armar pedidos.

Actualmente en el sector de *picking* se utiliza el criterio del formato para dividir el área de armado de pedidos en 2 grandes sectores: Sector de productos retornables (REF) y sector de productos desechables (OW), que se distinguen en la Figura 10.

Este criterio de separación de la bodega se justifica en la composición de los pedidos, ya que el 93% de estos incluye sólo productos desechables, o sólo productos retornables.

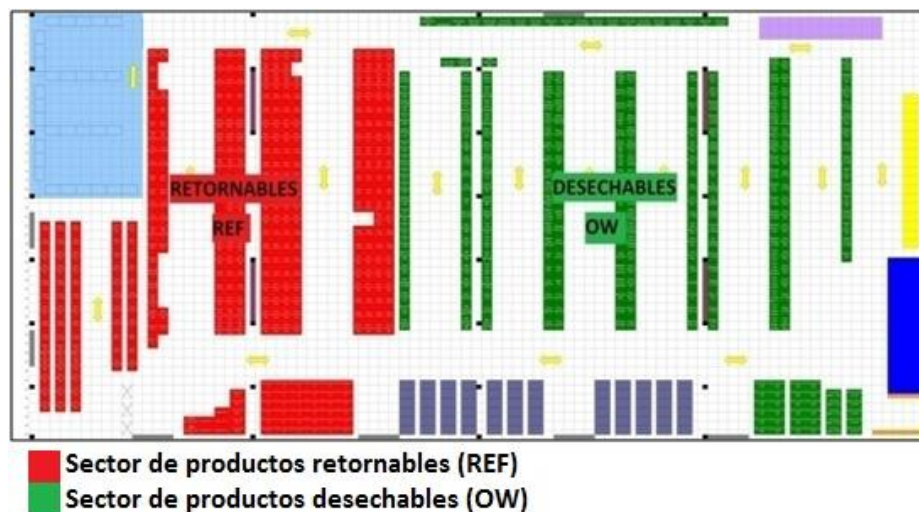


Figura 10: Layout actual de la bodega de picking

Fuente: Coca-Cola Embonor

El *layout* actual permite almacenar productos en 375 ubicaciones diferentes a nivel de piso, y una capacidad de almacenaje de 1.500 *pallets* contando las ubicaciones en altura.

En el sector OW se encuentran disponibles 255 ubicaciones a nivel de piso. Para el almacenamiento en este sector se utilizan racks, estructuras metálicas diseñadas para almacenar mercancía paletizada, o sea, puesta sobre un *pallet*. Están fijados al suelo y entrelazados entre sí formando escalas, además de poseer largueros horizontales que conforman niveles de carga. En Coca-Cola Embonor estos racks tienen 4 niveles de altura, lo que permite almacenar hasta 1.020 *pallets*. El sector además cuenta con 6 pasillos y 2 puertas para la entrada y salida de maquinarias.

La Figura 11 muestra cómo se almacenan los productos desechables en racks con 4 niveles de altura.



Figura 11: Sector de productos desechables almacenados en racks
Fuente: Coca-Cola Embonor

En el sector REF no existen racks, y los productos se apilan escalonados en el piso. Se utilizan 3 niveles de altura, y se deja un nivel adicional en piso por delante de la torre de 3 niveles, con el fin de que los auxiliares retiren producto desde el nivel más bajo, esto permite almacenar hasta 4 *pallets* en cada ubicación. Cuenta con 120 ubicaciones diferentes a nivel de piso, y capacidad para 480 *pallets*. El sector tiene 3 pasillos y 2 puertas para el tránsito de maquinarias y operadores.

La Figura 12 muestra cómo se almacenan los productos retornables en piso, con 3 niveles de altura, y uno adicional por delante a nivel de suelo.



Figura 12: Sector de productos retornables almacenados en piso
Fuente: Coca-Cola Embonor

En cuanto a la ubicación actual de los productos, estos se ubican de manera aleatoria. En el sector REF se distribuyen aleatoriamente cada uno de los productos retornables que maneja la compañía, mientras que en el sector OW se ubican aleatoriamente cada uno de los productos desechables. En ambos sectores las ubicaciones en altura tienen siempre el mismo producto que se ubica en nivel de suelo. Si un rack tiene en su nivel de suelo un producto X, en el segundo, tercer y cuarto nivel si lo amerita de aquel rack siempre se encontrará el mismo producto X.

Es importante mencionar que pocos productos tienen una ubicación específica en bodega, y que generalmente en dicha ubicación no existe stock suficiente para una jornada de trabajo, por lo que productos de alta demanda se encuentran en ubicaciones repetidas, pero distantes entre sí.

1.3.6.1 Diagrama de spaghetti

Un diagrama de spaghetti representa cómo es el movimiento de los operarios dentro de su puesto de trabajo. Permite identificar cada movimiento del operario para posteriormente buscar cuál es el orden lógico de movimiento, a fin de mejorar la eficiencia, reduciendo distancias y tiempos de desplazamientos de operarios, aumentando rendimiento en la producción.

Para aplicar el diagrama a las condiciones actuales de la empresa, se eligieron 10 pedidos reales confeccionados en bodega (5 de productos retornables, y 5 de productos desechables), y se trazó en el mapa de la bodega cada uno de los movimientos del operario desde el inicio de su recorrido (representado por la letra “I”), hasta el fin del mismo (representado por la letra “F”).

Para ver el detalle de productos de cada uno de los 10 pedidos considerados revisar Anexo 3.

El diagrama de spaghetti de los 10 pedidos mencionados se encuentra en la Figura 13.

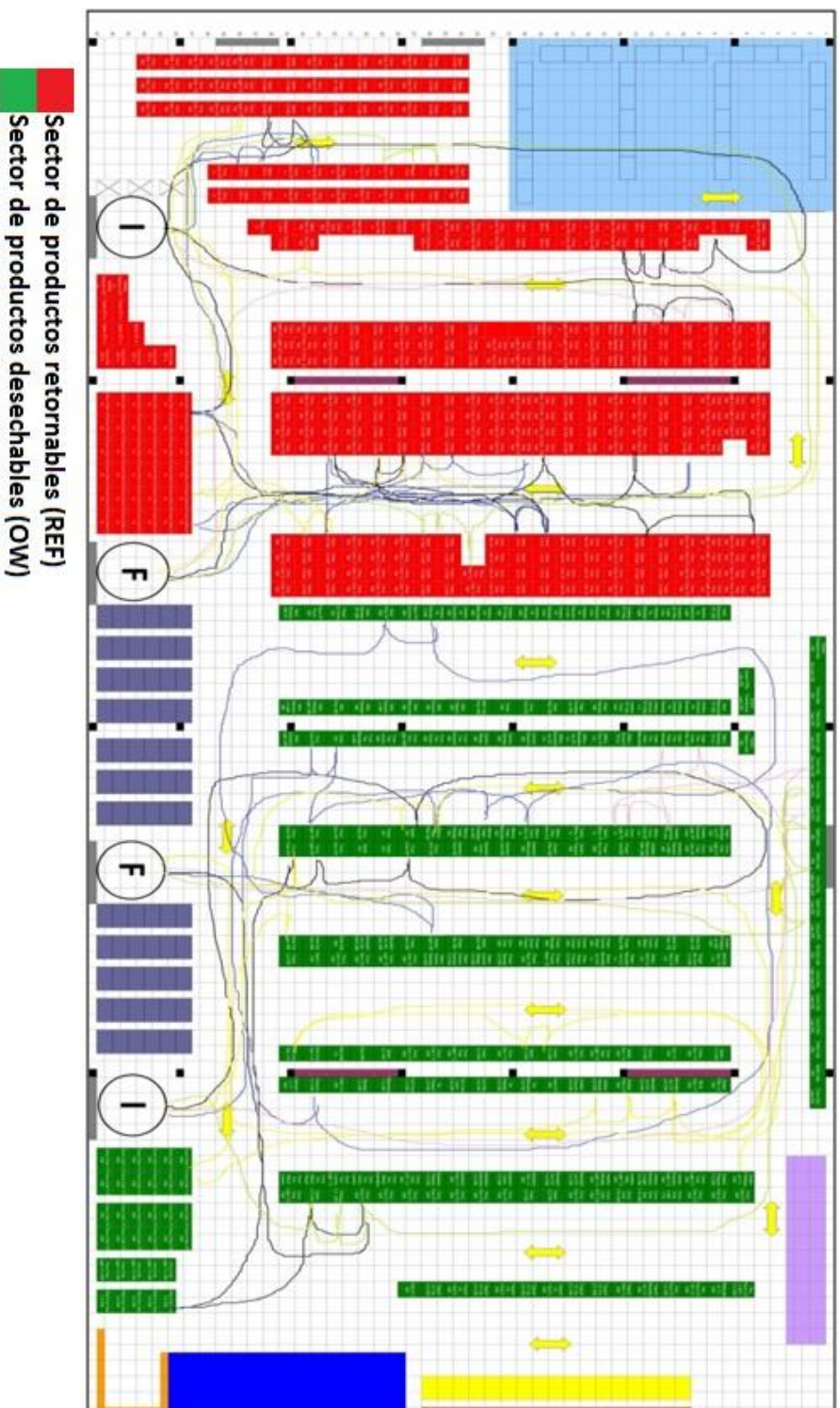


Figura 13: Diagrama de spaghetti situación actual
Fuente: Elaboración propia

El diagrama de la Figura 13 permite visualizar tanto las principales zonas utilizadas por los operarios y sus respectivas distancias recorridas, como también las zonas en que dos o más operarios se pueden encontrar con mayor reiteración.

En el caso de los productos retornables, se visualiza claramente que en el pasillo central se sacan más productos desde la zona más lejana del inicio y término del recorrido que desde la zona cercana a estos puntos, lo cual indica que se están recorriendo distancias más largas que las ideales.

En el caso de los productos desechables ocurre algo similar, se toman bastantes productos desde la zona más alejada al punto de inicio (los racks de la parte superior de la Figura 13), además de un tránsito excesivo en el segundo pasillo, comparado con lo que se da por ejemplo en el cuarto pasillo, uno de los más cercanos a la entrada y salida de la bodega.

El diagrama de spaghetti también permite determinar si los operarios están sacando producto desde la ubicación más cercana y si están utilizando la ruta más corta entre cada producto, o están recorriendo mayor distancia que la ideal requerida para completar cada pedido. La Tabla 9 resume estas diferencias.

Tabla 9: Distancias recorridas en armado de un pedido

Pedido	Distancia mínima posible (metros)	Distancia real recorrida (metros)	Diferencia porcentual
Retornables 1	187	219	17%
Retornables 2	151	183	21%
Retornables 3	85	129	52%
Retornables 4	75	82	9%
Retornables 5	88	97	10%
Desechables 1	153	178	16%
Desechables 2	171	219	28%
Desechables 3	222	276	24%
Desechables 4	108	113	5%
Desechables 5	93	109	17%
Total	1.333	1.605	20%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 9 indica que se están recorriendo distancias más largas que las mínimas posibles para armar un pedido. De los ejemplos considerados, el que más llama la atención es el pedido de productos Retornables 3, en donde se recorrió más de un 50% extra de distancia que la necesaria, puesto que el operario retiró producto desde una ubicación bastante lejana al punto de inicio, sin considerar que el mismo producto se encontraba en una de las ubicaciones más cercanas a la puerta. Esta situación es bastante habitual, principalmente por el desconocimiento de las ubicaciones de almacenaje de cada producto. Al encontrarse producto en ubicaciones repetidas, los operarios acostumbran a sacar producto desde la ubicación que ellos conocen, aún cuando ésta sea la más lejana.

2. Planteamiento del problema

2.1 Problemática de la empresa

Como se ve en el gráfico de la Figura 14, entre el año 2011 y el año 2015 Coca Cola Embonor S.A. experimentó un crecimiento anual compuesto de un 4,9% en el volumen de ventas medido en millones de cajas unitarias.

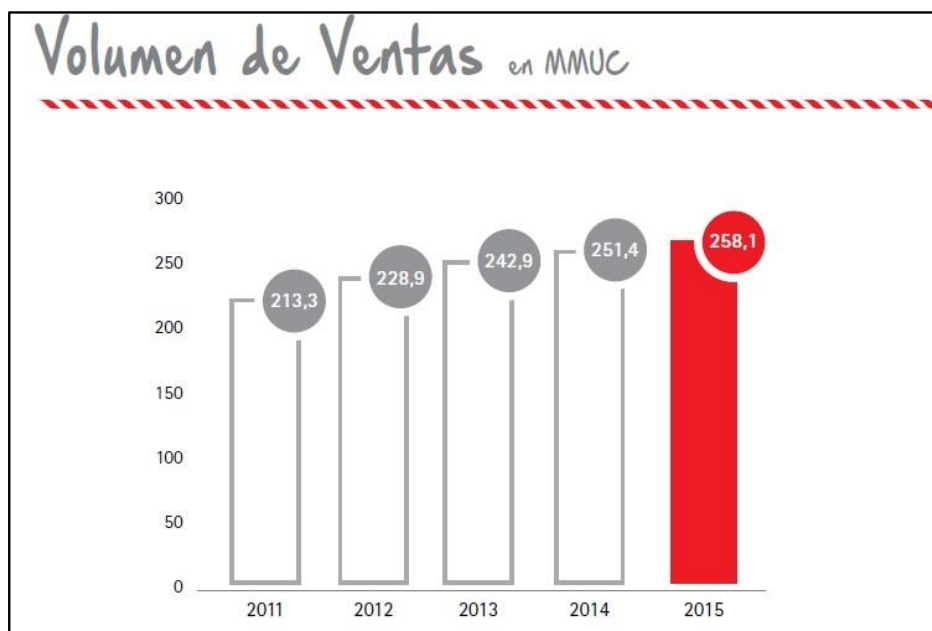


Figura 14: Volumen de ventas anuales Coca-Cola Embonor S.A.
Fuente: Memoria Anual Coca-Cola Embonor 2015

Frente al constante crecimiento en el volumen de ventas de la empresa, se hizo necesario aumentar la capacidad de almacenamiento de los productos. Durante el año 2015 se decidió separar el área de *picking* de la bodega de productos terminados, e instalar un nuevo galpón de 5.000m² para el armado de cargas, aumentando la capacidad de almacenamiento de los productos de la empresa. Esta decisión se basó en un estudio que incluyó tanto el diseño general como el modelo operativo de la nueva bodega, pero no así el diseño del *layout* interno de la misma⁴. Se determinó dónde ubicar los racks, pero no dónde debe ser ubicado cada producto.

⁴ Diego Zamora, “Desarrollo y evaluación del diseño y modelo logístico de un nuevo centro de distribución”, Universidad Técnica Federico Santa María, Octubre 2014.

Hasta el día de este trabajo, la ubicación de los diversos productos en el área de *picking* se ha realizado intuitivamente por experiencia del personal a cargo, y no se ha determinado si se utilizan bien los espacios de almacenaje ni se han generado propuestas de mejora al *layout* actual de manera de optimizar el uso de los espacios.

2.1.1 Efectos indeseados

Es común tener diversos efectos indeseados en la bodega de *picking*, los cuales han sido determinados tanto por observación directa del proceso, como por la información otorgada por los empleados. Con el objetivo de facilitar la lectura se utiliza un diagrama causa-efecto de Ishikawa para los principales efectos indeseados que se pudieron detectar en la bodega de *picking*, señalando la frecuencia y el impacto que pueden tener en la operación diaria.

Para clasificar la frecuencia y el impacto de cada efecto indeseado se utilizan los siguientes criterios mencionados en la Tabla 10:

Tabla 10: Criterios para evaluación de efectos indeseados

Clasificación	Criterio de frecuencia	Criterio de impacto
Baja/Bajo	1-2 días a la semana	No genera pérdidas económicas
Media/Medio	3-4 días a la semana	Puede generar o no pérdidas económicas
Alta/Alto	5-6 días a la semana	Genera pérdidas económicas

Fuente: Elaboración propia

Efecto Indeseado I: Demora en el picking (Figura 15)

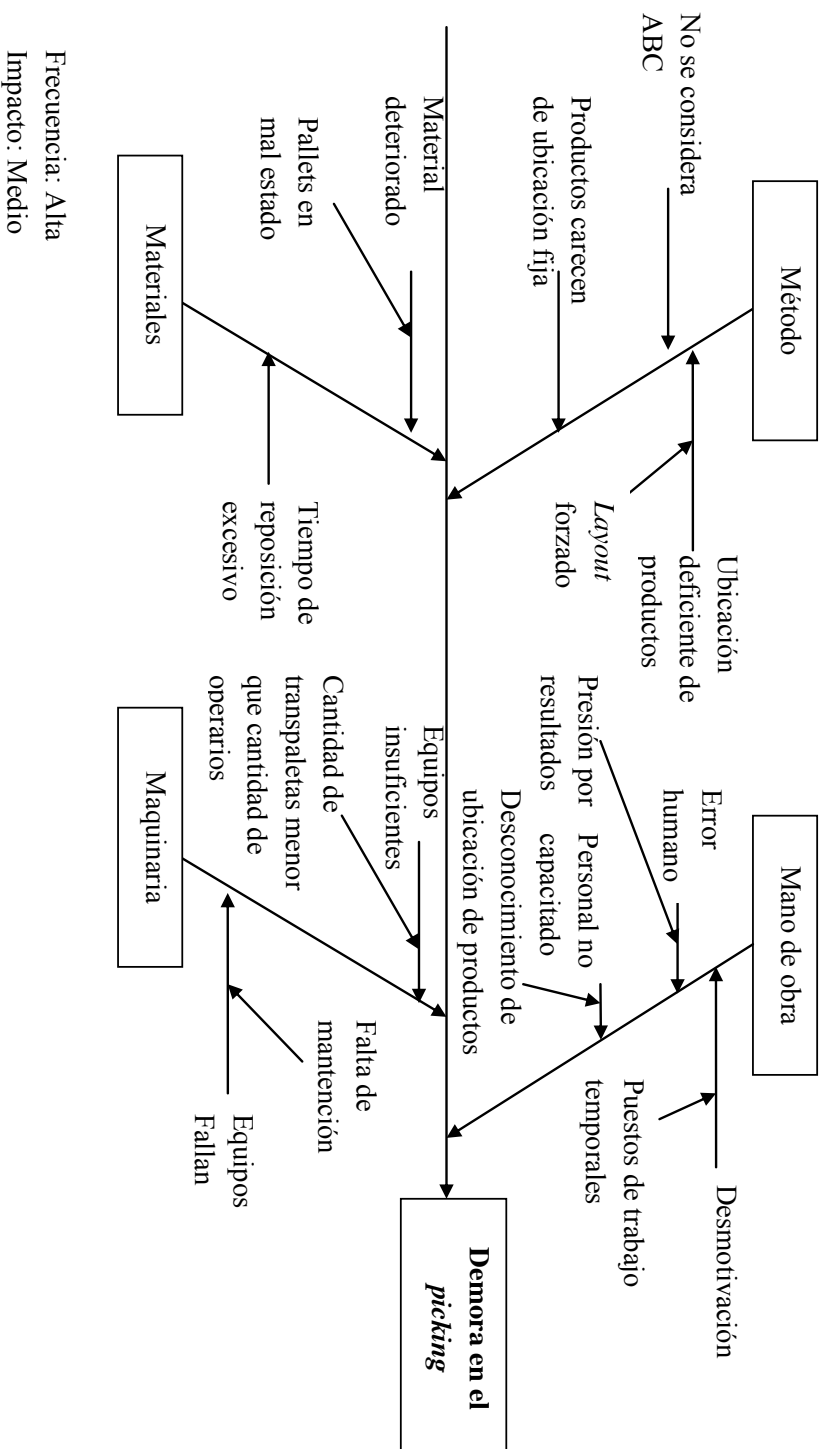


Figura 15: Diagrama causa-efecto demora en el *picking*
Fuente: *Elaboración propia*

Efecto Indeseado 1: Demora en el *picking*

Causas: La demora en el *picking* se debe principalmente a factores en la metodología y en la mano de obra. Si bien al interior de la empresa existe una clasificación ABC de sus productos, no es considerada para nada en la ubicación de ellos en bodega. Se trabaja cada día con un *layout* forzado, y esto, sumado a la falta de pericia de los auxiliares en el armado de pedidos, provoca que se utilice demasiado tiempo en la búsqueda de un producto que no se sabe dónde está almacenado. Muchas veces el auxiliar toma una ruta más larga que la lógica para llegar a un producto, ya sea por desconocimiento del lugar de almacenaje, o por falta de capacitación.

La eficiencia de cada auxiliar al interior de la bodega de *picking* se mide como la cantidad de cajas movidas por hora. Si se consideran todos los pedidos del año 2016, un auxiliar demora en promedio cerca de 14 minutos en el armado de un *pallet*, y toma 400 cajas por cada hora de trabajo. La Tabla 11 muestra las estadísticas mencionadas.

Tabla 11: Estadísticas de auxiliares 2016

Promedio de cajas cargadas por auxiliar cada hora	Promedio de minutos utilizados en armar 1 pallet
400 [cajas/hora]	14 [min/pallet]

Fuente: Elaboración propia

Bajo las condiciones actuales, el rendimiento promedio de un auxiliar de 400 cajas por hora se encuentra por debajo del rendimiento objetivo de la empresa, que son 430 cajas por hora. Este objetivo de 430 cajas determinado por gerencia es basado en datos históricos de cantidad de cajas recogidas por hora en años anteriores, considerando además dimensiones de la nueva bodega, velocidades de desplazamiento, y promedio de cajas recogidas en cada viaje para completar un pedido.

El gráfico de la Figura 16 muestra la diferencia entre el rendimiento mensual promedio de auxiliares durante el año 2016, y el rendimiento objetivo para cada mes del año.

Rendimiento mensual de auxiliares

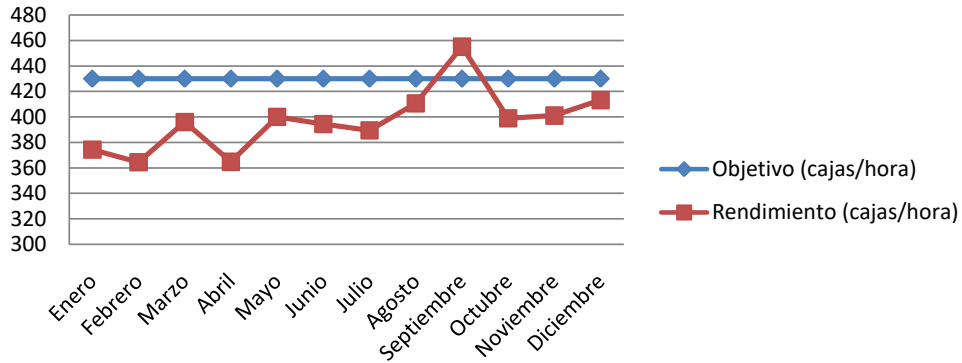


Figura 16: Rendimiento mensual de auxiliares 2016
Fuente: Elaboración propia

Basado en lo que dice James Tompkins (Tompkins et al 2006), el 50% del tiempo utilizado en la preparación de un pedido es ocupado en viajes, el 20% del tiempo en la búsqueda de los productos, el 15% en la recogida, el 10% en la organización y el 5% en otras acciones. Por lo tanto, los 14 minutos de demora en armar un *pallet* se descomponen de la forma indicada en la Figura 17:

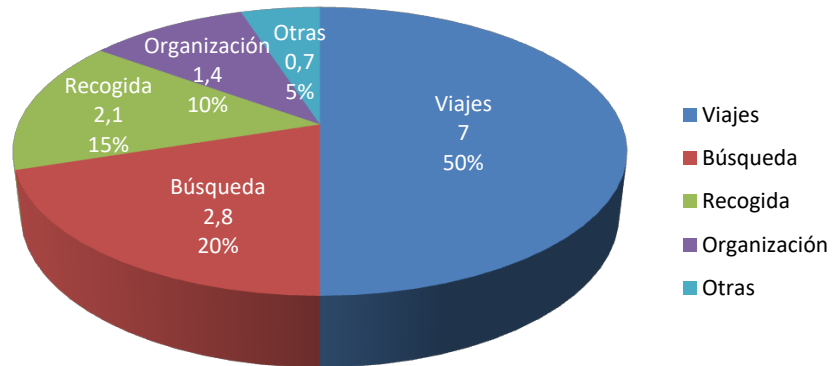


Figura 17: Minutos empleados por etapa en la preparación de un pedido
Fuente: Elaboración propia

Para verificar estos datos teóricos, se eligieron 20 pedidos aleatorios, y se midió en terreno el tiempo total de armado de cada uno de los 20 pedidos, considerando cuánto tiempo del total se utiliza en búsqueda y viajes. El detalle de los tiempos obtenidos se indica en la Tabla 12.

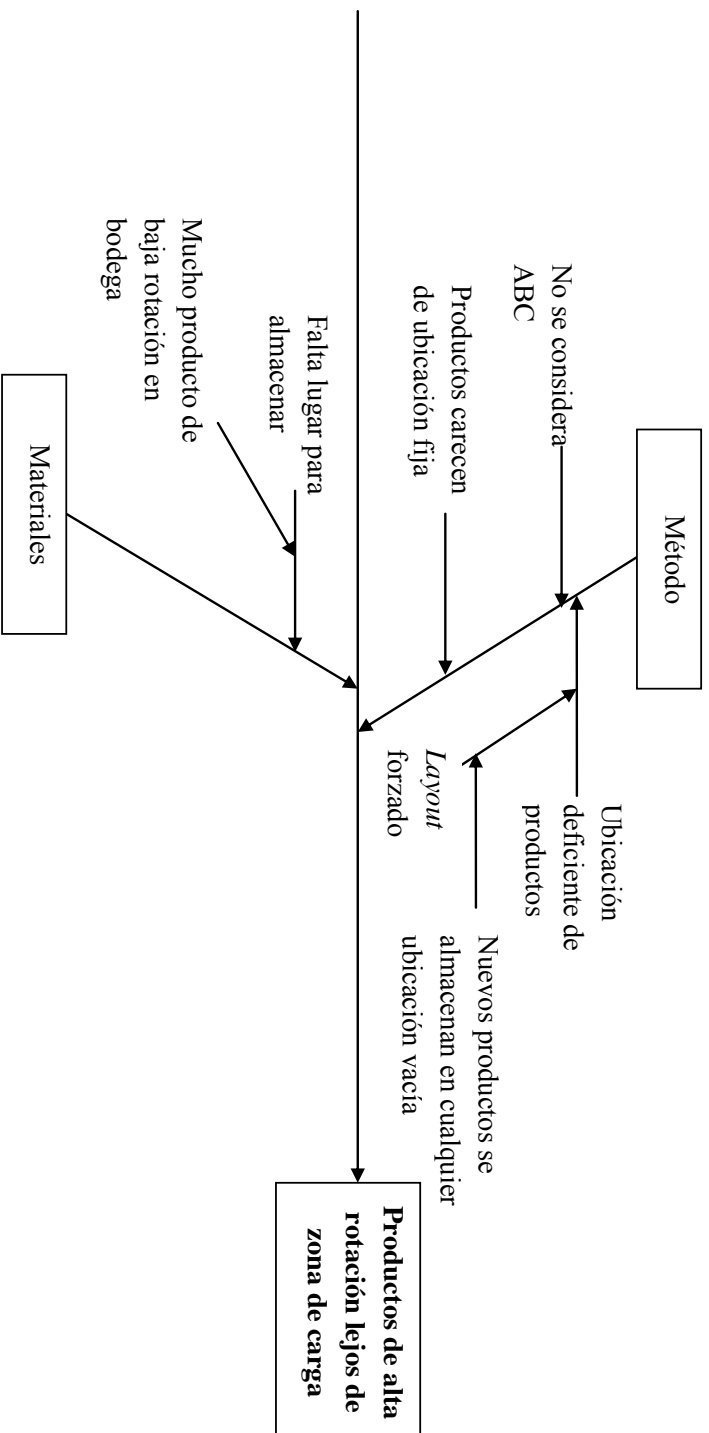
Tabla 12: Detalle de tiempos empleados en armar 1 *pallet*

Pedido	Tiempo empleado en llegar al punto de recolección (incluye tiempo de búsqueda y tiempo de viaje a los productos) [minutos]	Tiempo empleado en armar el pallet (incluye tiempo de recogida, de organización, y otros) [minutos]	Tiempo total utilizado en armar un pallet [minutos]
Pedido 1	7,93	3,50	11,43
Pedido 2	9,55	4,02	13,57
Pedido 3	8,98	3,87	12,85
Pedido 4	8,58	3,65	12,23
Pedido 5	8,47	3,67	12,13
Pedido 6	9,38	3,92	13,30
Pedido 7	14,75	6,37	21,12
Pedido 8	9,45	4,05	13,50
Pedido 9	10,15	4,35	14,50
Pedido 10	9,10	3,90	13,00
Pedido 11	9,83	4,17	14,00
Pedido 12	12,33	5,22	17,55
Pedido 13	9,70	4,13	13,83
Pedido 14	9,22	4,03	13,25
Pedido 15	14,83	6,47	21,30
Pedido 16	4,25	1,83	6,08
Pedido 17	5,83	2,45	8,28
Pedido 18	7,02	3,02	10,03
Pedido 19	18,40	7,85	26,25
Pedido 20	8,40	3,60	12,00
Promedios	9,81	4,20	14,01

Fuente: Elaboración propia

Considerando la información que entrega tanto la Figura 17 (datos teóricos), como lo observado y medido en terreno resumido en la Tabla 12 (datos empíricos), la mayor demora se focaliza en los viajes y la búsqueda de los productos al interior de la bodega. De los 14 minutos totales del armado de cada pedido, la suma de ambas etapas utiliza en promedio 9,8 minutos (9 minutos y 48 segundos).

Efecto Indeseado 2: Productos de alta rotación lejos de zona de carga (Figura 18)



Frecuencia: Alta
 Impacto: Medio

Figura 18: Diagrama causa-efecto productos de alta rotación lejos de zona de carga
Fuente: Elaboración propia

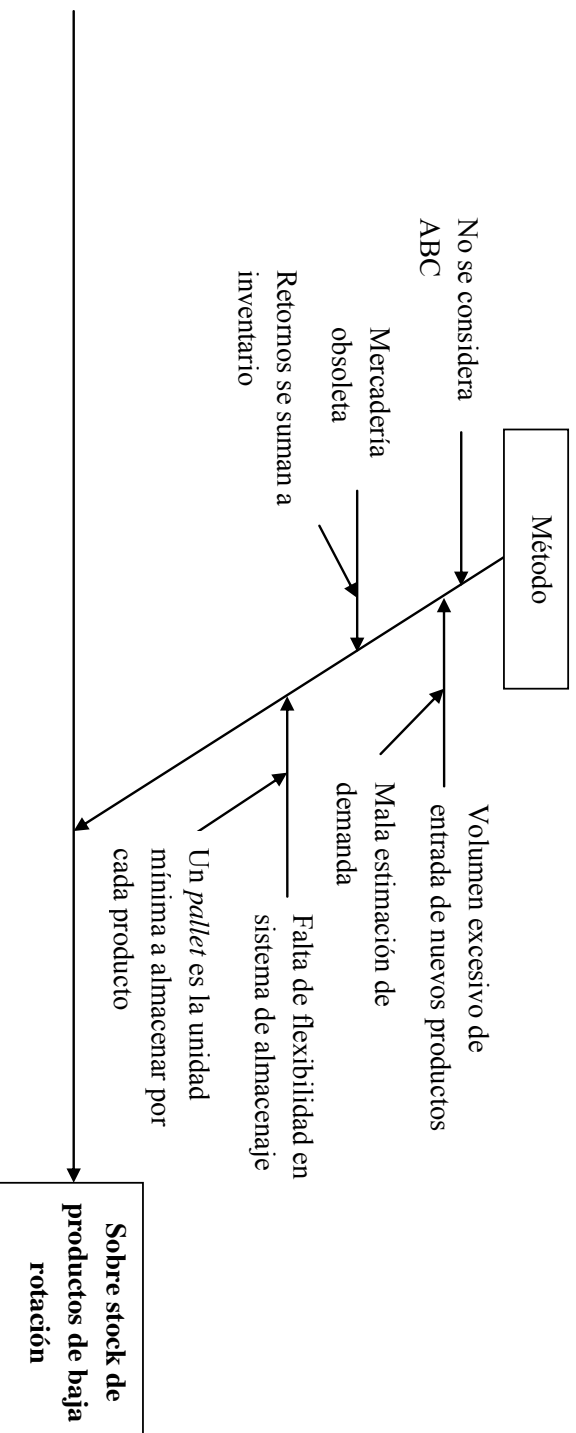
Efecto Indeseado 2: Productos de alta rotación lejos de zona de carga

Causas: A diferencia del primer efecto indeseado, en éste la mano de obra no influye como lo hace el método. Se repite una vez más la ubicación deficiente de productos, la falta de consideración con la clasificación ABC, y el *layout* forzado. La falta de espacio definido para cada tipo de producto genera que cuando se abastece de productos de alta rotación, éstos se ubiquen donde exista espacio libre (generalmente lejos de la zona de carga).

La falta de utilización de la política ABC impide determinar la cantidad de ubicaciones necesarias, ni los lugares adecuados para cada producto. Hay ubicaciones claramente rotuladas destinadas para un producto en particular, mientras que otras ubicaciones generalmente se dejan vacías para rellenar con producto faltante durante una jornada de trabajo. Es común que las ubicaciones rotuladas no tengan la capacidad suficiente para almacenar la cantidad de cajas requeridas en una jornada de un determinado producto.

Un ejemplo claro de esto es el producto Coca-Cola 1,5lts. desechable (código 136). Este producto pertenece a la clase SUPER A del ABC de la empresa, y vende en promedio poco más de 11 *pallets* al día, sin embargo, posee solamente una ubicación rotulada en bodega con capacidad para almacenar 4 *pallets*, por lo que el producto demandado restante se ubica aleatoriamente en lugares que se encuentren libres. Cada día, al agotarse el producto en su ubicación conocida, los auxiliares utilizan tiempo buscando otras ubicaciones del producto, recorriendo largas distancias para llegar a tomar el producto que generalmente se encuentra en las zonas más alejadas del sector de carga.

Efecto Indeseado 3: Sobre stock de productos de baja rotación (Figura 19)



Frecuencia: Alta

Impacto: Alto

Figura 19: Diagrama causa-efecto sobre stock de productos de baja rotación

Fuente: Elaboración propia

Efecto Indeseado 3: Sobre stock de productos de baja rotación

Causas: Las causas principales de este problema son la gran cantidad de mercadería obsoleta, y los grandes volúmenes de entrada de nuevos productos a la bodega, influenciados principalmente por una mala estimación de la demanda.

La mala estimación de la demanda en los productos de baja rotación se aprecia cuando el nivel de ventas reales es menor al presupuestado. El departamento de producción tiene sus propias metas a alcanzar, y no puede disminuir la cantidad producida, ya que debe respetar las cantidades presupuestadas. Por lo tanto, si se estima mal la demanda, y se produce más de lo que realmente se vende, se genera sobre stock de productos. La diferencia entre la demanda estimada de productos en cada mes del año y las ventas reales se grafica en la Figura 20.

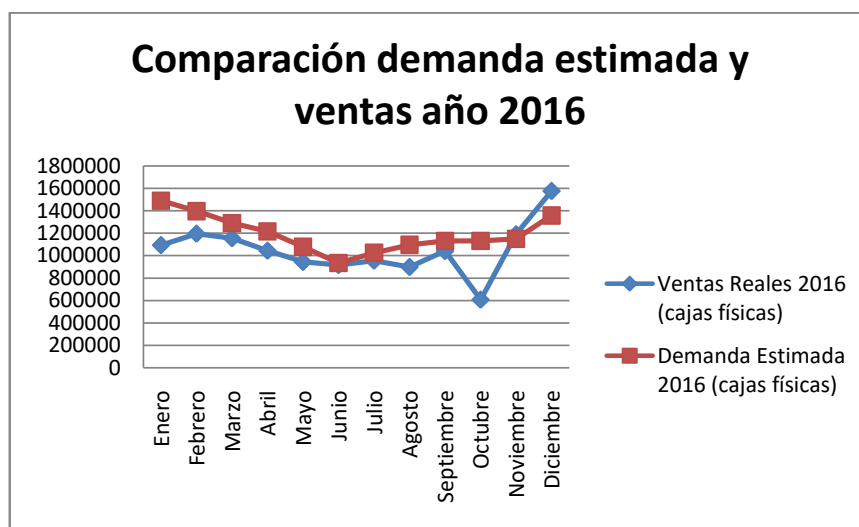


Figura 20: Comparación demanda estimada y ventas reales año 2016

Fuente: Elaboración propia

Otro problema a tomar en cuenta es la falta de flexibilidad en el sistema de almacenaje. Cada ubicación está diseñada para recibir un *pallet* (no se puede recibir menos de esa cantidad de un producto), lo que provoca que en zona de *picking* cada vez que se reponga el producto exista como mínimo 1 *pallet* completo. Además, como existe una política de que siempre el nivel en altura debe llevar el mismo producto que el nivel de piso, y no hay claridad de cuánto producto almacenar, es común ver que existan en bodega para una jornada de 1 día de trabajo 2 y hasta 3 *pallets* de productos de baja rotación.

Hoy en día, un *pallet* de un producto clase C, como lo es por ejemplo Néctar Durazno Light 1.000cc. contiene 160 cajas del producto. Durante el año 2016 se vendieron en promedio 44 cajas al mes del producto, por ende, pasarán casi 4 meses para que el total de cajas de un *pallet* salgan de la bodega de *picking*.

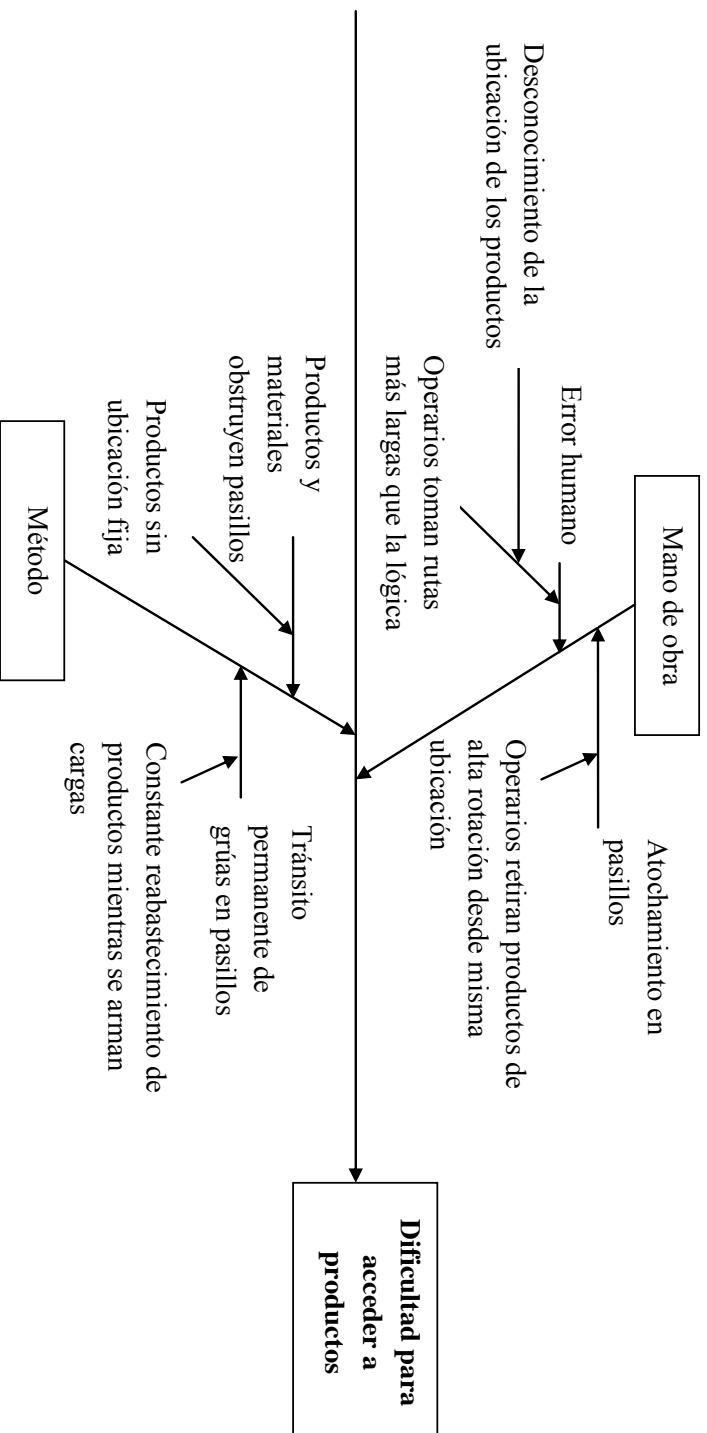
En la Tabla 13 se indican algunos de los productos de la clase C de la clasificación de la empresa que repiten esta situación:

Tabla 13: Relación entre cajas por *pallet* y volumen de ventas de productos de baja rotación

Código	Producto	Cantidad de cajas por pallet (cajas físicas)	Volumen de ventas mensual (cajas físicas)
2058	FUZE TE NEGRO LIMON LIGHT X06 PET 1500 C	92	60
2053	FUZE TE NEGRO LIMON LIGHT X06 PET 400 CC	200	120
7529	NEC DURAZNO LIGHT 300cc V.B.A. X15	80	46
1463	AND PINA LIGHT X06 TETRA PACK 1000	160	89
1676	GINGER ALE ZERO X06 PET 500 CC	192	105
2002	INCA KOLA ZERO X06 PE500	192	75
7528	NEC DURAZNO LIGHT 1000CC TPACK X06	160	44

Fuente: Elaboración propia

Efecto Indeseado 4: Dificultad para acceder a productos (Figura 21)



Frecuencia: Media
 Impacto: Medio

Figura 21: Diagrama causa-efecto dificultad para acceder a productos
Fuente: *Elaboración propia*

Efecto Indeseado 4: Dificultad para acceder a productos

Causas: El hecho de no tener ubicaciones fijas para cada producto genera que sea común ver productos en pasillos dificultando el tránsito, así como también grúas horquillas reponiendo producto agotado, bloqueando el paso de auxiliares a recoger productos desde ciertas ubicaciones.

El desconocimiento de la ubicación de cada producto genera que los operarios muchas veces transiten dos o tres pasillos completos antes de llegar al producto deseado, recorriendo rutas más largas que la lógica.

Otro hecho recurrente, principalmente con productos de alta rotación y pocas ubicaciones, es el atochamiento de auxiliares en el mismo sitio. No es extraño ver que dos o tres auxiliares concurren en el mismo momento a retirar producto desde la misma ubicación. En estos casos, un auxiliar debe esperar que su compañero tome productos y abandone el lugar para así tener el espacio disponible y poder tomar producto.

2.1.2 Problema raíz

Luego de detallar los principales efectos indeseados y sus respectivas causas, se puede ratificar que el manejo de la bodega de *picking* presenta claras ineficiencias.

Entre los mayores problemas de la bodega están los largos tiempos de preparación de pedidos (mayores a los esperados por la empresa), la mala distribución de espacios y productos, y la falta de un sistema de ubicación y localización de mercadería.

Revisando uno a uno los efectos indeseados detallados anteriormente, las causas que más se repiten y que dan origen a estos problemas se encuentran en la metodología. Todo se realiza hoy en día por intuición y por la experiencia de los encargados, sin estudio técnico de por medio. El hecho de determinar intuitivamente cuántos espacios destinar a almacenaje de cada producto genera dificultad para el control de existencias. No hay procesos definidos y la comunicación entre departamentos no es fluida. El stock en sistema no siempre coincide con el stock real. Se hace difícil inventariar puesto que con el fin de llenar espacios, el mismo producto se puede encontrar en 5 o 6 ubicaciones diferentes muy distantes entre sí.

Para identificar el problema raíz, aprovechando la información recogida en los efectos indeseados, se construye un árbol de la realidad actual (Figura 22), de modo de identificar los principales problemas de la empresa e identificar y exponer claramente causas y consecuencias en el proceso completo de distribución de productos.

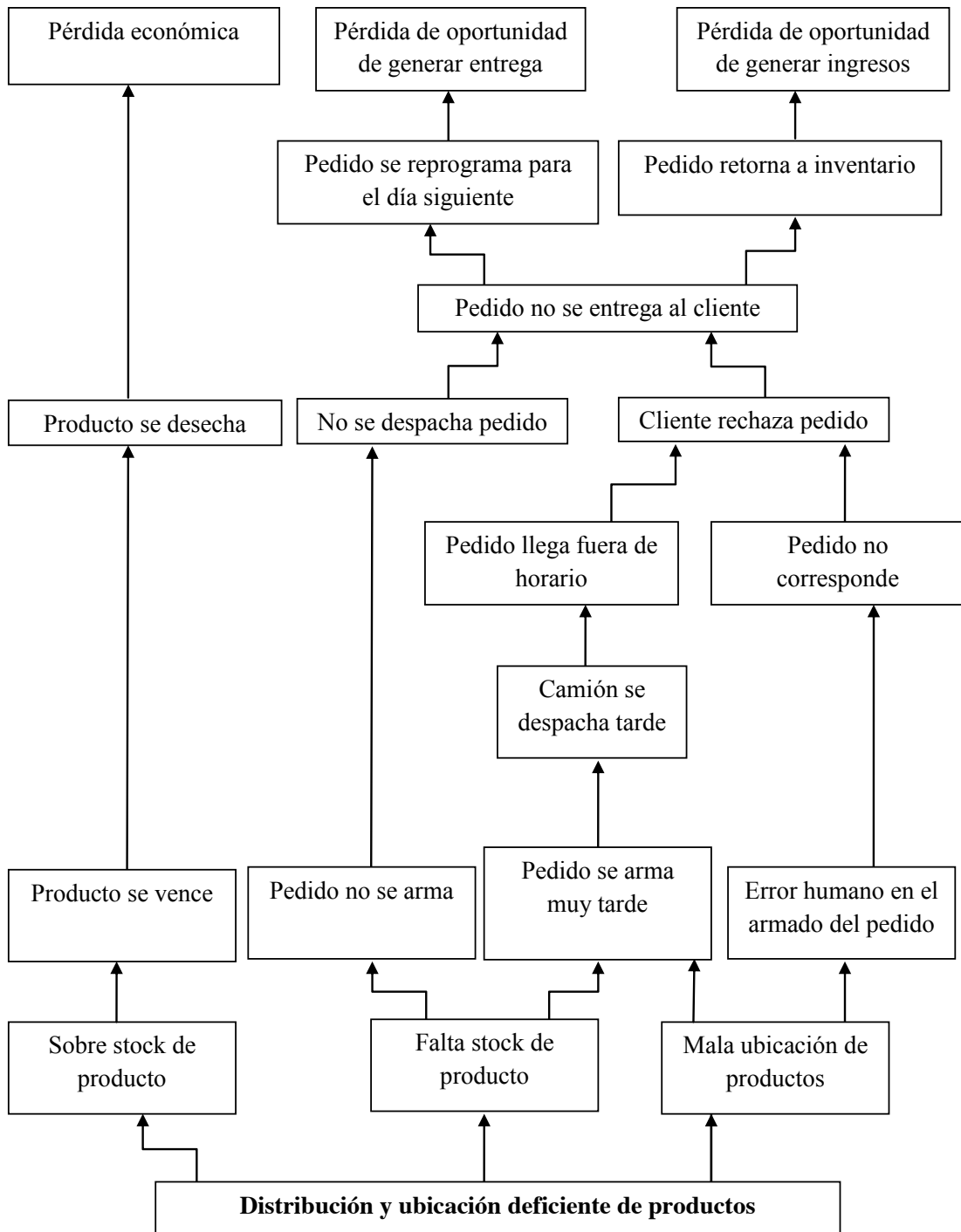


Figura 22: Árbol de realidad actual de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Tal como lo indica el diagrama de la Figura 22, el **problema raíz** es la distribución y ubicación deficiente de productos dentro de la bodega de *picking*.

Como se mencionó anteriormente, los productos están ubicados intuitivamente por el personal a cargo, lo que no garantiza que la ubicación en la que se encuentra cada producto en el momento de este trabajo sea la mejor posible. Los espacios asignados para productos de alta rotación se hacen escasos y se hace necesario reponer producto durante una jornada perdiendo valioso tiempo de trabajo, mientras se utilizan espacios almacenando productos que terminan alcanzando su fecha de vencimiento en bodega.

Además de esto, la ubicación actual de cada producto genera tiempos excesivos en el armado de cargas, lo que provoca que en períodos de alta demanda no se logren armar el total de pedidos de una jornada de trabajo, y que finalmente no se logre entregar el pedido a todos los clientes en los plazos comprometidos.

En cada turno un auxiliar logra en promedio cargar 2.020 cajas, con las cuales arma aproximadamente 25 *pallets*. Esta cifra se encuentra por debajo del objetivo de la empresa, que espera 2.200 cajas por cada auxiliar en una jornada, por lo que en períodos de alta demanda se incurre en costos adicionales contratando personal extra. Las cajas totales que cada auxiliar recoge para armar un *pallet* durante una jornada de trabajo se descomponen de la manera descrita en la Tabla 14:

Tabla 14: Detalle de cajas recogidas en una jornada promedio de trabajo

Cajas Productos Desechables	Cajas Productos Retornables	Cajas Totales
1.386	634	2.020

Fuente: Elaboración propia

No existe claridad en relación a cuántos espacios asignar para el almacenamiento de cada producto, ni un sistema que permita determinar dónde ubicar cada uno de ellos.

2.2 Alcance

El trabajo de título se realiza en el interior de bodega de *picking* de Coca-Cola Embonor S.A., en Concón, Quinta Región. El estudio no considera los espacios exteriores a esta bodega.

Las conclusiones y recomendaciones del estudio son aplicables a las instalaciones actuales de la compañía y no necesariamente aplicables para el futuro, ya que las condiciones de operación y almacenamiento van cambiando constantemente en relación al aumento de las ventas, y a la incorporación de nuevos productos.

2.3 Objetivos

Objetivo general:

“Rediseñar el *layout* de la bodega de *picking* de Coca-Cola Embonor S.A. ubicando los productos de manera eficiente, de forma tal de disminuir los trayectos recorridos por los auxiliares en el armado de cada pedido.”

Objetivos específicos:

- Identificar mediante una clasificación ABC los productos que generan la mayor cantidad de viajes en bodega.
- Proponer un cambio a la cantidad de ubicaciones destinadas para almacenaje de cada producto, basado en el volumen de ventas.
- Diseñar y validar un modelo que permita resolver el problema de la ubicación adecuada de los productos según las condiciones actuales de la empresa.
- Cuantificar el impacto obtenido con la implementación de las mejoras propuestas, comparando los datos previos y posteriores a estas mejoras.

3. Marco Teórico

3.1 Gestión de almacenamiento

El almacén es una unidad de servicio y soporte en la estructura orgánica y funcional de una empresa, con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos.

La gestión de almacenamiento se define como el proceso de la logística que trata funciones como la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén, hacia el o los puntos de consumo, de cualquier material o materia prima (sean semi-elaborados o terminados), así como el tratamiento e información de los datos generados en el proceso.

El almacenamiento es una parte integral de cada sistema logístico y juega un rol primordial al momento de proveer un nivel deseado de servicio al cliente, al menor costo posible. Según Lambert et. al. (1998), la gestión de almacenamiento a través de los años ha pasado de ser una faceta relativamente menor dentro del sistema logístico de una compañía, a transformarse en una de sus funciones más importantes. El objetivo principal de la gestión de almacenamiento es optimizar un área logística funcional que actúa en dos etapas de flujo: el abastecimiento y la distribución física.

Otros objetivos de la gestión de almacenes son mejorar la rapidez y fiabilidad de las entregas, reducir los costos, maximizar el volumen disponible para almacenaje y minimizar las operaciones de manipulación y transporte.

3.1.1 Actividades de almacenamiento

Las actividades de almacenamiento y manejo de materiales son responsables de prácticamente el 25% de los costos logísticos. De estos, cerca del 50% es en mano de obra, el 25% es en el espacio físico, y lo restante en energía consumida en equipos, materiales, y otros (Ballou, 2004).

Rouwenhorst et. al. (2000), definen las actividades que se realizan en un almacén de la siguiente manera:

- **Recibo:** Incluye la descarga de los productos propios y adquiridos, actualización del registro de inventario y la inspección para encontrar si se presenta alguna inconsistencia en cuanto a la cantidad o calidad de los productos.
- **Almacenamiento:** Actividad donde los productos son ubicados en sus posiciones o lugar de almacenaje. El área de almacenamiento puede consistir en dos tipos, el área de reserva y el área de recolección; en la primera, los productos son almacenados de manera más económica

ya que corresponden a los de baja rotación, y la segunda, donde los productos son almacenados en racks o estantes de fácil acceso, es decir, los de más alta rotación.

- **Preparación de pedidos:** También llamado *picking*, corresponde a la recolección de los productos desde su ubicación de almacenamiento. En este proceso la mayoría de las veces se hace necesaria la recolección de varios productos diferentes para completar una orden.

- **Despacho:** Corresponde a la actividad o proceso donde las órdenes son verificadas, empacadas y cargadas en el transporte que las llevará al cliente final.

- **Transferencia de información:** Es el flujo que lleva la información necesaria para llevar a cabalidad las actividades que se realizan dentro del centro de distribución.

3.1.2 Preparación de pedidos (*picking*)

Dentro de las actividades que se realizan en un almacén, la preparación y recolección de pedidos es uno de los procesos más importantes, y el que más costos genera, por ende, se le debe dar dedicación a la hora de incorporar mejoras para la productividad (Ballou, 2004).

En el gráfico de la Figura 23 se muestra como se descomponen los costos en los que se incurre al realizar los principales procesos en un centro de distribución.

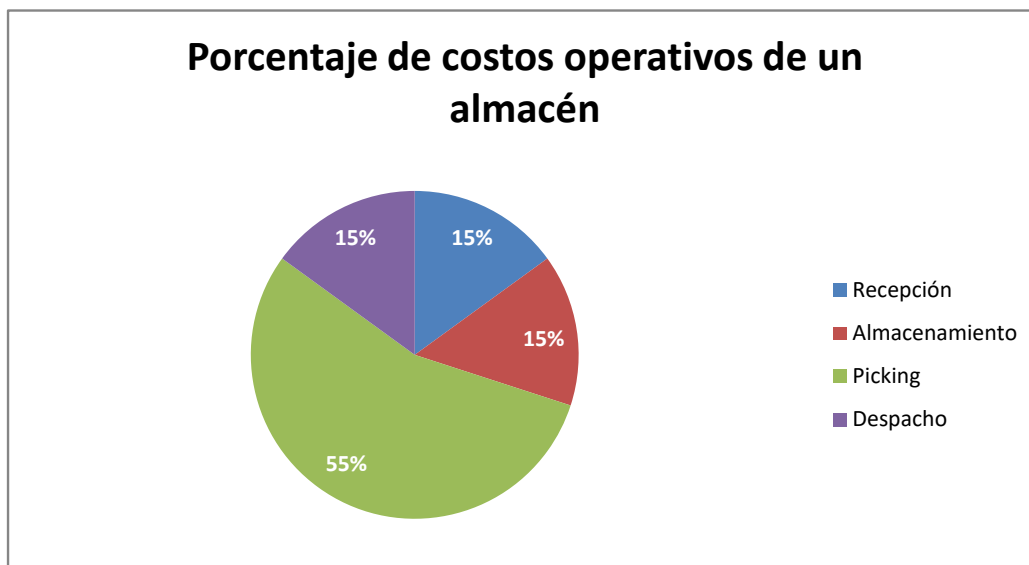


Figura 23: Porcentaje de costos operativos en un almacén

Fuente: Ballou, 2004

Actualmente los métodos de recolección de productos se dividen principalmente en dos grandes grupos: métodos manuales y métodos mecanizados (Mulcahy, 1994).

- Métodos manuales: Son considerados los métodos más sencillos de recolección de pedidos. Básicamente se trata de que un operario se movilice (caminando o en una máquina) hacia la ubicación en donde se encuentre el producto. Luego de recogerlo, lo moviliza sobre un determinado vehículo de carga hacia donde sea requerido para el despacho del producto.

Ventajas: Facilidad de control e implementación, bajo capital de inversión, fácil forma de ajustar personal y equipos de trabajo.

Desventajas: Se debe utilizar una gran cantidad de operarios y vehículos de trayecto. Se considera de muy baja productividad en comparación a los métodos mecanizados. Además, existen muchos errores en la selección de productos, daños en los mismos y en los equipos.

- Métodos mecanizados: La característica principal es que los productos seleccionados son trasladados desde la posición de selección hasta el área de embarque por una cinta transportadora.

Ventajas: Reducen notoriamente la cantidad de mano de obra necesaria, se aumenta la productividad, y existe menor daño en los productos que en los métodos manuales.

Desventajas: Algunos de los productos no son transportables y se deben manejar fuera del sistema. También requieren mayor inversión que los métodos manuales.

Según Ballou (2004), dentro de los métodos manuales, las formas básicas para recolectar productos son:

- Viaje ida y vuelta: Se inicia el recorrido en un punto de inicio, se recoge el producto, y se vuelve al punto de inicio.
- Ruta de recolección: Se recorre una ruta tomando cada uno de los productos solicitados hasta completar el pedido. Una vez recolectados todos los productos del pedido se regresa al punto de origen.
- Por zonas: Para este tipo se requieren recolectores diferenciados por zona. Cada uno de ellos busca los productos asociados a su zona y al finalizar se unen en un punto en común.

3.1.3 Principios básicos de recolección de pedidos

Los principios básicos de recolección según Tompkins (2006) son los siguientes:

- 1.- Aplicar Ley de Pareto: Agrupar los artículos de mayor cantidad de pedidos en un lugar cercano al área de carga con el fin de reducir el tiempo de viaje en la bodega durante la recolección.
- 2.- Utilización de documentos de recolección sencillos y fáciles de leer: El documento de recolección debe ofrecer instrucciones específicas al operario, proporcionando la ubicación, descripción, cantidad solicitada, unidades de los productos y formatos.
- 3.- Usar documentos de recolección que sigan rutas determinadas anteriormente: El documento debe controlar el orden del proceso, de manera de evitar que el operario se mueva de forma aleatoria, optimizando las distancias y tiempos de viajes.
- 4.- Mantener un sistema eficaz de ubicación de existencias: Se debe conocer con antelación y claridad la ubicación del producto para su recolección.
- 5.- Combinar tareas de recolección de pedidos: Se pueden combinar tareas como documentación, viajes, recolección, clasificación y extracción de artículos, reduciendo tiempos de viajes.
- 6.- Formación de lotes de pedidos: Mientras mayor es el número de productos reunidos por un recolector en un viaje, el tiempo de recolección disminuye.
- 7.- Establecer áreas de recolección delantera y de reserva separadas: Mientras más pequeñas sean las asignaciones de inventario del área delantera, más pequeña es el área de recolección, lo que conlleva a que los tiempos de viaje sean menores, y la productividad sea mayor.
- 8.- Equilibrar la actividad de recolección entre los lugares para reducir congestión: Se debe procurar distribuir la actividad de recolección en áreas amplias sin olvidar que los productos más requeridos deben estar en lugares de fácil acceso.
- 9.- Asignar los artículos más requeridos a lugares de más fácil acceso: En un almacén común, la minoría de los artículos provoca la mayor actividad de recolección. Si estos artículos son ubicados cerca del área de carga y descarga se logra reducir el tiempo promedio de recolección.
- 10.- Asignar artículos que es probable que se soliciten juntos a lugares iguales o cercanos: Al disminuir distancias entre los lugares de recolección, se reducen los tiempos de viaje.

3.1.4 Ubicación de inventario

Los objetivos de ubicar los productos de manera adecuada dentro de la bodega son minimizar los costos asociados al manejo y traslado de materiales, además de maximizar la utilización del espacio de almacenamiento. Minimizar los costos está directamente relacionado con minimizar la distancia recorrida de cada auxiliar en el armado de pedidos (minimizar la distancia recorrida implica tanto una mayor productividad al armar más *pallets*, como una reducción en el uso de combustible de los vehículos utilizados).

En los últimos tiempos, se han venido desarrollando políticas para encontrar la solución al problema de asignación de ubicaciones. Entre las más importantes se encuentra la asignación basada en clases (Class-based storage), en la cual los productos son divididos en clases teniendo en cuenta la demanda utilizando el método conocido como Pareto (De Koster et. al. 2007). Este método basado en clases, es también conocido como método de almacenamiento ABC, donde el número de clases son definidas de acuerdo al sistema que posea la bodega.

En la literatura también se habla de ciertos métodos de asignación de ubicaciones que buscan solventar cómo ubicar o asignar los productos en las distintas posiciones de almacenamiento establecidas. Los métodos de asignación son los siguientes:

Ubicación aleatoria, la cual sitúa los productos de manera aleatoria en las ubicaciones habilitadas.

Ubicación más cercana, donde los artículos no poseen una ubicación definida y se encuentran dispersos por el área de *picking*. Este método es considerado uno de los más simples en cuanto a la asignación de ubicaciones, ya que el operario ubica la mercancía donde desee (Schwartz et. al. 1978).

Ubicación dedicada, en la cual cada elemento posee su lugar de almacenamiento propio.

Ubicación basada en clases, asigna ubicaciones a los productos por medio de una agrupación, donde las clases son establecidas teniendo en cuenta la frecuencia de *picking* o la demanda del producto, donde la clase con mayor demanda será ubicada en la zona más cercana a las de recibo y despacho (De Koster et. al. 2007).

Ubicación basada en agrupación por familias, la idea de este método es juntar los productos que sean más probables a aparecer en una orden de pedido o aquellos que se encuentren en la misma ruta de recolección. Con el fin de encontrar la posición de las agrupaciones antes mencionadas, Liu (1999) sugiere que los productos con mayor demanda deben ubicarse en las zonas cercanas a la entrada/salida.

3.2 Diseño y *layout* de almacén

El *layout* corresponde a la disposición de los elementos dentro de un almacén. El objetivo principal de realizar un diseño de *layout* es proporcionar la efectividad de los flujos, tratando de utilizar la menor cantidad de recursos, aumentando la productividad de la empresa. Está determinado por los requerimientos y limitantes que tenga cada empresa, dependiendo de sus objetivos y metas.

3.2.1 Principios básicos de *layout*

Basado en lo que dice Tompkins (2006), los principios básicos a considerar en el *layout* son:

- 1.- Integración de conjunto: Se busca que funcione todo como un equipo único, considerando mano de obra, materiales, máquinas, y todos los factores presentes. También se hace necesario ajustar otras áreas de trabajo que puedan llegar a influir al almacén.
- 2.- Distancia mínima recorrida: La distribución al interior del almacén debe permitir mover los materiales recorriendo las distancias más cortas posibles. Se logra mejorar la economía minimizando los costos de transporte.
- 3.- Circulación o recorrido: La mejor distribución será la que tenga más ordenadas las áreas en las cuales se trabaja. Se busca que los materiales tengan un flujo continuo y expedito de movimiento.
- 4.- Espacio cúbico: Se deben utilizar tanto espacios verticales como horizontales, optimizando el uso de espacios al interior del almacén.
- 5.- Satisfacción: Es necesario considerar y mejorar la satisfacción de los empleados, permitiendo que el trabajo sea agradable.
- 6.- Seguridad: Hay que lograr que los trabajadores no sean sometidos a riesgos ni peligros innecesarios al interior del almacén, previniendo accidentes laborales.

3.3 Clasificación ABC

El análisis ABC es un método de clasificación frecuentemente utilizado en gestión de inventario, y resulta del principio de Pareto. Permite visualizar qué artículos tienen un impacto importante en el valor global del negocio, pues básicamente agrupa por porcentajes de participación de la variable medida, separando éstas en tres grandes grupos, los cuales son llamados A, B y C.

El grupo A es el grupo donde se debe poner más atención pues incluye a los productos líderes del negocio. Hay que gestionarlos de manera especial, ya que su impacto en el resultado es mayor que el impacto de los grupos B y C.

El grupo B representa una importancia media. Este grupo no se debe descuidar, pero tampoco es demasiado fundamental gastar excesivos recursos para su control.

El grupo C incluye a los artículos de menor importancia en el resultado global, y puede ser gestionado de manera más simple que los grupos A y B.

La Figura 24 representa gráficamente un análisis ABC de una empresa ficticia que comercializa 10 productos, en donde cada producto presenta un volumen de ventas conocido.

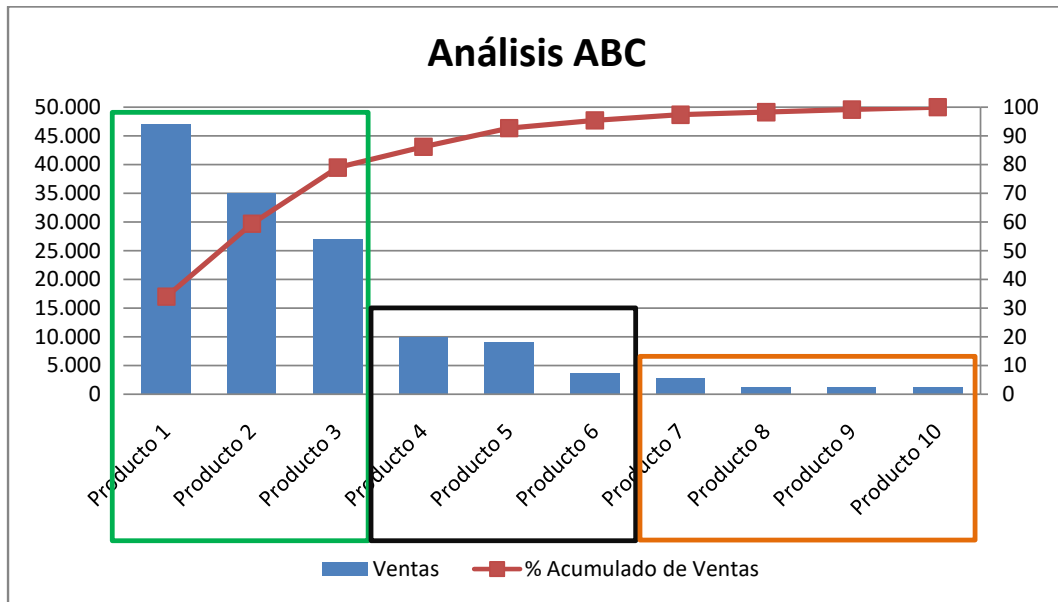


Figura 24: Representación gráfica de análisis ABC
Fuente: Elaboración propia

El gráfico de la Figura 24 se explica de la siguiente manera:

Demarcados con un cuadro verde se encuentran todos los productos correspondientes al grupo A, que si bien son una cantidad pequeña de productos en relación al total, aportan un alto porcentaje de las ventas totales.

Los productos del grupo B (zona demarcada negra) y C (zona demarcada naranja) son una gran cantidad comparados con la cantidad del grupo A, pero la suma de porcentaje de ventas de ambos grupos es muy inferior a la venta de productos del grupo A.

La aplicación de este análisis permite determinar la ubicación de productos de mayor importancia en las ventas de la empresa en el mejor lugar posible dentro de la zona de almacenaje. La idea es ubicar los productos del grupo A lo más cerca posible de la entrada y salida, y los productos del grupo C más alejados de esta zona, de este modo, la distancia total recorrida por los vehículos al interior de la zona de *picking* disminuye, lo que implica una reducción en los costos y en los tiempos totales empleados en el trabajo.

3.4 Modelos matemáticos de ubicación de inventario

Los modelos matemáticos de ubicación de inventario permiten asignar un lote de productos (o una familia de productos) a una ubicación determinada, que minimice la distancia recorrida para la extracción de cada uno de estos productos.

El objetivo del modelo es ubicar los productos más importantes en las mejores zonas, que involucren facilidad de accesos, disminución de los tiempos de extracción y distancias recorridas.

Entre los modelos aplicables al problema del trabajo se encuentran los siguientes:

3.4.1 Modelo de asignación de productos

El modelo propuesto por Francis y White (1974) permite localizar en un sector determinado una familia de productos de una determinada clase, considerando la cantidad de ubicaciones disponibles, y la cantidad de ubicaciones necesarias para cada familia.

El modelo se formula de la siguiente manera:

Minimizar

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} * x_{ij}$$

Donde los valores de c_{ij} son coeficientes correspondientes a la distancia total promedio recorrida para llevar el producto de la familia i desde (o hacia) la ubicación j , y las variables de decisión son los x_{ij} de asignación de cada producto de la familia i a una ubicación j .

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

Para asegurar que la familia de productos i es asignada a las ubicaciones A_i requeridas.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, m\}$$

Para asegurar que cada ubicación sea utilizada por una familia de productos.

$x_{ij} \in \{0,1\}$ naturaleza de las variables.

3.4.2 Modelo de asignación considerando andenes

El modelo utilizado por Castillo y Ortega (2013) es aplicable cuando hay 2 o más andenes en una bodega. Permite ubicar los productos según su clasificación ABC al menor costo posible.

El modelo se formula de la siguiente manera:

Minimizar

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r c_{ijk} x_{ijk}$$

Donde los valores de c_{ijk} son los costos de transportar una familia i almacenada en la posición j despachada en el andén k , y las variables de decisión son los x_{ijk} de asignación de cada familia i a una ubicación j despachada en el andén k .

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r x_{ijk} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

Para asegurar que todas las familias de productos i sean almacenados en las A_i ubicaciones necesarias.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, m\}$$

Para asegurar que cada ubicación sea utilizada por una familia de productos.

$x_{ijk} \in \{0,1\}$ naturaleza de las variables.

3.4.3 Modelo de asignación considerando altura de racks

El modelo utilizado por Verdugo (2010) permite la asignación de familias de productos a sectores establecidos, considerando la demanda de cada familia, y la altura de los racks disponibles en cada sector.

El modelo se formula de la siguiente manera:

Minimizar

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m h_i * c_j * x_{ij}$$

Donde los valores h_i indican altura (cantidad de *pallets*) de productos de la familia i , c_j corresponde a los costos asociados a cada viaje hacia la sección j , y la variable de decisión x_{ij} corresponde a la cantidad de grupos de productos de familia i que se ubicarán en el sector j , considerando $x_{ij} \in Z^+$.

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m h_i * x_{ij} \geq D_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

Para que la cantidad de *pallets* de la familia i a ubicar en la sección j deba superar, o al menos igualar, la demanda total D_i de productos de la familia i .

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, m\}$$

Para que la cantidad de *pallets* de la familia i a ubicar en la sección j no supere la cantidad U_j de espacios disponibles para almacenamiento, vale decir, debe ser igual o menor.

$x_{ij} \in Z^+$ naturaleza de las variables.

Las condiciones actuales de la bodega de *picking* de la empresa requieren de un modelo de ubicación de inventario simple, que minimice el número de variables y sea de rápida resolución, de tal modo que sea ajustable a los cambios que ocurran en la demanda de los productos según la temporada.

Se hace necesario un modelo que incorpore las variables básicas a utilizar, como la cantidad de viajes que genera cada familia de productos, la cantidad de ubicaciones necesarias y disponibles, la capacidad de almacenaje de cada ubicación, y las distancia existentes desde los puntos de inicio y fin del recorrido hasta cada una de las ubicaciones consideradas.

Dentro de los modelos descritos, el que más se ajusta a las condiciones del problema es el modelo de asignación considerando altura de racks. Sin embargo, para el caso de estudio, la altura de los racks es siempre la misma (4 *pallets*), por lo que este valor es constante. Además, es sabido que por políticas de la empresa los niveles de almacenamiento en altura siempre tendrán el mismo producto que el nivel correspondiente en piso de la ubicación, por lo que el modelo puede obviar la altura, y considerar que cada ubicación posee una cierta capacidad de *pallets*.

Debido a lo mencionado es que se propone un nuevo modelo que se basa en el modelo de optimización propuesto por Francis y White, pero realizando ciertas modificaciones que lo adecúen a las características particulares del problema, como incorporar el parámetro U_j utilizado en el modelo de asignación considerando altura de racks, lo que transforma las variables de decisión del problema $x_{ij} \in \{0,1\}$ en $x_{ij} \in Z^+$.

3.4.4 Modelo propuesto: Caso ejemplo

Para el ejemplo se considera disponible una bodega con 1 entrada/salida \mathbf{b} , que es el punto de inicio y fin de la recolección, y 15 zonas de almacenaje de productos, esto es:

$$j \in \{1, 2, \dots, m\}, \text{ con } \mathbf{m=15}.$$

Se presenta la bodega de la Figura 25 en forma de cuadrículas con el fin de simplificar el cálculo de las distancias desde la puerta \mathbf{b} hasta la zona \mathbf{j} . Las distancias suponen los cuadros que deben ser recorridos para llegar al centro de la zona de almacenaje, considerando siempre un tránsito por los pasillos (zona coloreada en rojo de la Figura 25). Así por ejemplo, para llegar desde el centro de \mathbf{b} al centro de la zona 2 basta con recorrer un cuadro, mientras que para llegar al centro de las zonas 13, 14 y 15 es necesario recorrer 7 cuadros.

13		14		15
10		11		12
7		8		9
4		5		6
1		2		3
		b		

Figura 25: Zonas de almacenaje caso ejemplo
Fuente: Elaboración propia

Ahora, se considera que las familias de productos a almacenar son 4, o sea:

$$i \in \{1, 2, \dots, n\} \text{ siendo } n=4.$$

Para saber cuántas ubicaciones requiere cada una de las 4 familias, es necesario saber su volumen de ventas, pues el comportamiento pasado de las ventas de los productos, permite pronosticar una demanda, y por consiguiente saber cuánta cantidad de cada producto se debe tener en bodega.

Por otro lado, la cantidad de viajes promedio que se realiza hacia cada familia de productos viene dada por el número de pedidos que presente cada familia, pues esto permite conocer cuántas veces un auxiliar se tuvo que dirigir a una zona, en un período de tiempo.

Para el caso del ejemplo, se supondrán una demanda promedio diaria conocida, y un número de pedidos promedio diario conocido, los cuales se detallan en la Tabla 15.

Tabla 15: Demanda y pedidos caso ejemplo

Familia de productos	Ventas promedio (pallet/día)	Número de pedidos (viajes/día)
1	12	20
2	34	36
3	29	60
4	16	72

Fuente: Elaboración propia

Para aplicar el modelo de ubicación de inventario de Francis y White se debe cumplir que la cantidad total de ubicaciones necesarias sea igual a la cantidad de zonas disponibles. En otras palabras, cada zona es equivalente a una ubicación, y el número de familias a almacenar debe ser igual al número de ubicaciones disponibles, de modo que cada ubicación tenga solamente un tipo de familia.

Esta situación no es aplicable a las condiciones de este trabajo, en donde cada zona puede contener más de una ubicación y por ende más de una familia de productos, por lo que se debe modificar el modelo, e incorporar un nuevo parámetro U_j que indica la cantidad de ubicaciones que tiene la zona j .

Por lo dicho, el ejemplo considera que cada zona de almacenaje contiene más de una ubicación disponible, como lo muestra la Tabla 16.

Tabla 16: Cantidad de ubicaciones de cada zona caso ejemplo

Zona j	Ubicaciones disponibles U_j
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	3
11	3
12	3
13	3
14	3
15	3
	$\sum_{j=1}^{15} U_j = 45$

Fuente: Elaboración propia

Considerando este nuevo parámetro, para la aplicación del modelo se debe cumplir que:

$$45 \geq \sum_{i=1}^n A_i$$

O sea, la cantidad de ubicaciones disponibles en las zonas de almacenaje debe ser mayor o igual a la cantidad de ubicaciones necesarias por las familias de productos.

Con esta información clara, lo siguiente es construir el vector de ubicaciones necesarias y las respectivas matrices de viajes y distancias.

Para construir el vector de ubicaciones necesarias del caso ejemplo, por las características del problema real, se supondrá que cada ubicación en bodega tiene una capacidad de almacenaje de 3 *pallets* de altura. Por lo tanto, si las ventas promedio de una familia son 1, 2 o 3 *pallets* diarios, cualquiera sea el caso, necesitará solamente una ubicación de almacenaje. Si las ventas promedio son 4, 5 o 6 *pallets* diarios, la familia necesita al menos 2 ubicaciones.

Dicho esto, basado en los datos de la Tabla 15, se calculan los valores para construir el vector de ubicaciones necesarias de la Tabla 17.

Tabla 17: Vector de ubicaciones necesarias caso ejemplo

	i_1	i_2	i_3	i_4	
A_i	4	12	10	6	$\sum_{i=1}^4 A_i = 32$

Fuente: Elaboración propia

Se cumple que el número de ubicaciones necesarias es menor que el número de ubicaciones disponibles.

La matriz de viajes de la Tabla 18 viene dada por los datos entregados en la Tabla 15:

Tabla 18: Matriz de viajes caso ejemplo

i	b
1	20
2	36
3	60
4	72

Fuente: Elaboración propia

Bajo el supuesto mencionado en que las distancias desde b a cada zona equivalen a los cuadros que deben ser recorridos considerando siempre un tránsito por los pasillos (zona coloreada en rojo de la Figura 25), se construye la matriz de distancias de la Tabla 19.

Tabla 19: Matriz de distancias caso ejemplo

	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8	j_9	j_{10}	j_{11}	j_{12}	j_{13}	j_{14}	j_{15}
b	3	1	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es calcular la matriz de distancia total promedio esperada.

El coeficiente será el valor que determine la mayor importancia de una familia de productos por sobre otra, ya que determina la distancia total promedio recorrida para ubicar una familia de productos en una determinada zona de almacenaje. El valor del coeficiente debe ser directamente proporcional a la cantidad de viajes y a las distancias requeridas, e inversamente proporcional a la cantidad de ubicaciones requeridas por cada familia de productos.

Para calcular el valor de un coeficiente se utiliza como ejemplo la familia $i=1$, que requiere de 4 ubicaciones, a las cuales se deben realizar 20 viajes. Ahora, se calcula la situación de utilizar una de las cuatro ubicaciones requeridas en la zona $j=1$ la cual está a 3 unidades de distancia de la entrada, misma distancia que a la salida.

Entonces, el coeficiente de posicionar la familia 1 en la zona 1 se calcula así:

$$C_{ij} = (1/\text{cantidad de ubicaciones necesarias de la familia}) * \text{viajes que genera la familia} * (\text{distancia desde la entrada a la zona} + \text{distancia desde la zona a la salida})$$

$$C_{1,1} = (1/4) * 20 * (3+3) = 30$$

El número 30, indica que se espera que se recorran 30 cuadros si se almacena un cuarto de la necesidad de almacenaje de la familia $i=1$ en la zona $j=1$.

Posteriormente, se debe realizar el mismo cálculo para la familia $i=1$, en la zona $j=2$, y así sucesivamente hasta llegar a calcular el coeficiente de la familia $i=1$ en la zona $j=15$, en donde ya se tendrán realizados 15 cálculos.

Luego, se realiza el mismo procedimiento para las familias $i=2$, $i=3$, y la familia $i=4$, en donde se tendrán 15 distancias totales promedio esperadas para cada familia de productos.

Al finalizar de calcular cada familia contra cada ubicación se obtendrán en total 60 distancias esperadas (el resultado de la multiplicación de las $n=4$ familias y las $m=15$ zonas disponibles), con las cuales se construye la Tabla 20.

Tabla 20: Matriz de distancias totales promedio esperadas ejemplo

	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8	j_9	j_{10}	j_{11}	j_{12}	j_{13}	j_{14}	j_{15}
i_1	30	10	30	40	40	40	50	50	50	60	60	60	70	70	70
i_2	18	6	18	24	24	24	30	30	30	36	36	36	42	42	42
i_3	36	12	36	48	48	48	60	60	60	72	72	72	84	84	84
i_4	72	24	72	96	96	96	120	120	120	144	144	144	168	168	168

Fuente: Elaboración propia

Este pequeño ejemplo muestra la dificultad de llevar este cálculo a los niveles reales de la empresa, puesto que la cantidad de cálculos a realizar depende del número de productos, y el número de zonas disponibles.

Los cálculos a realizar en este ejemplo son 60, ya que la cantidad de productos y zonas eran 4 y 15 respectivamente, sin embargo, en la realidad existen cientos de productos, y cientos de zonas, lo que indica que el número de cálculos a realizar es realmente significativo.

Con los antecedentes mencionados, y los cálculos realizados, el modelo matemático de asignación de ubicaciones para el caso ejemplo se formula del siguiente modo:

Modelo Matemático:

Minimizar la distancia total recorrida para el proceso de *picking*

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{15} c_{ij} * x_{ij}$$

Donde x_{ij} corresponde a la variable de decisión de asignación de familia i a la zona j , y los valores de c_{ij} son calculados como:

$$c_{ij} = (1/A_i) * w_i * (d_{bj} + d_{jb}) \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad \text{y} \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, m\}$$

Con A_i equivalente a la cantidad de ubicaciones necesarias de la familia i , w_i igual a la cantidad de viajes que genera la familia i , d_{bj} la distancia desde b hasta j , d_{jb} la distancia desde j hasta b

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{15} x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, 4\}$$

Para asegurar que la familia i sea asignada a las ubicaciones A_i necesarias.

$$\sum_{i=1}^4 x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 15\}$$

Para asegurar que en ninguna zona sea asignado más producto que la capacidad de la zona.

$x_{ij} \in Z^+ = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ naturaleza de las variables.

Para resolver este modelo se utiliza la herramienta de optimización llamada Solver, perteneciente al software Microsoft Excel 2007.

Se carga el modelo con las 60 distancias promedio esperadas, las 60 variables de decisión, y las 3 restricciones mencionadas. La ejecución del software se muestra en la Figura 26.

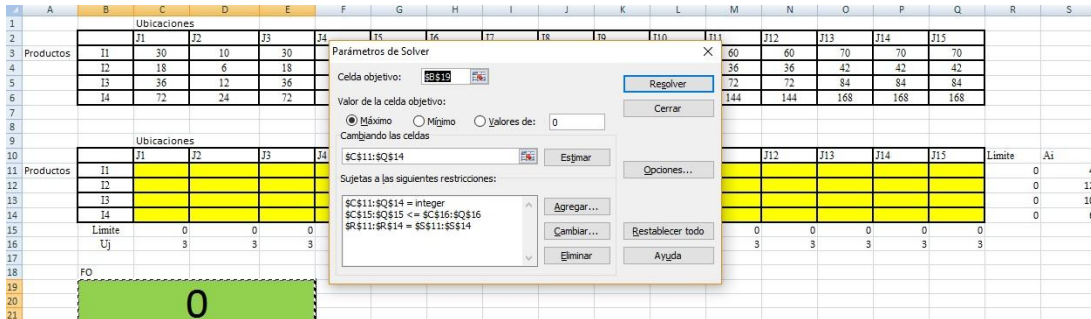


Figura 26: Modelo caso ejemplo cargado en Solver
Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Las soluciones que entrega el software para la ubicación de las familias de productos del caso ejemplo se muestran en la Tabla 21:

Tabla 21: Asignación de ubicaciones caso ejemplo

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}	J_{15}
I_1					2			2							
I_2							3	1	3	3		2			
I_3			3	3	1	3									
I_4	3	3													

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

La Figura 27 muestra las zonas de la bodega del ejemplo en donde deben ser almacenados los productos según su familia.

4. Aplicación del modelo

Basado en la situación actual, se pretende entregar información sobre cuánto producto almacenar, además de generar y validar un modelo que permita saber dónde debe ser almacenado cada grupo de productos.

El trabajo aplica la teoría existente a las condiciones actuales de la empresa para modelar y obtener mejores ubicaciones a los productos que las actuales, lo que implica grandes ahorros comparados con la inversión que significaría la instalación de nuevas tecnologías en la bodega.

Dentro de los problemas investigados para la asignación de localidades, se sugieren diversos modos de resolución de acuerdo a las características del problema. Para problemas de características similares al de la empresa, Montecino (2008), y Verdugo (2009) coinciden en utilizar como estrategia la clasificación por familias de productos, y la resolución por medio de un modelo matemático.

Se indica una nueva forma de ubicar los productos en la bodega de *picking*, tomando en consideración principalmente los siguientes factores:

- Determinación de familias de productos, clasificándolos según una o más características en común.
- Determinación de cantidad de ubicaciones requeridas por cada familia de productos, evitando el sobre stock de productos de baja rotación, y la utilización innecesaria de espacios, y a la vez, la falta de stock de productos de alta rotación.
- Determinación de zonas de almacenaje, cada una de las cuales agrupa un número de ubicaciones. Realizando mediciones desde las puertas a cada una de las zonas se puede determinar cuáles son las mejores zonas (las que impliquen menores desplazamientos), y cuáles son las peores (las que impliquen mayores desplazamientos).
- Determinación de la mejor ubicación para cada familia de productos, mediante un modelo matemático que permita disminuir las distancias totales de traslados, a fin de obtener los menores costos relacionados al movimiento de operarios y maquinarias.

Para incorporar el factor estacionalidad de la empresa, se consideran soluciones a dos temporadas: Alta y Baja. La empresa requiere trabajar con un stock de reserva en ambas temporadas, por lo que para temporada baja son considerados los datos promedio del año, mientras que para temporada alta son considerados los datos promedio del mes de máxima demanda del estudio, que es Diciembre del año 2016.

4.1 Clasificación de productos en familias

Actualmente la empresa posee una clasificación ABC basada en el volumen de ventas de cada uno de sus productos. Si bien esta clasificación es útil para saber la importancia de cada producto en las ventas totales de la empresa y cuánto espacio se requiere para su almacenaje, no es la clasificación ideal para la distribución de productos en bodega, puesto que no siempre ocurre que el producto que más volumen vende, sea el que se encuentra en más cantidad de pedidos, y el que más viajes genera.

Aunque se mencionó anteriormente que la empresa está fuertemente marcada por la estacionalidad, también es cierto que las cifras de las Tablas 5 y 7 comprueban que existe un aumento proporcional en la cantidad de pedidos, en relación al aumento del volumen de ventas. Por lo mismo, los productos que generan mayor cantidad de viajes en un mes promedio son prácticamente los mismos que generan mayor cantidad de viajes en un mes de alta demanda. Dicho esto, para la nueva clasificación se utiliza la cantidad promedio de pedidos diarios que existen de cada producto, considerando todos los pedidos del año 2016. En la Tabla 23 se resume la nueva clasificación ABC según el número de pedidos:

Tabla 23: Clasificación ABC según número de pedidos

Clase	Cantidad de productos	Número de pedidos (viajes/día)	Porcentaje de pedidos
A	104	3.579,83	79,65%
B	64	687,93	15,31%
C	70	226,66	5,04%

Fuente: Elaboración propia

En la clasificación ABC, los productos que presenten mayor cantidad de pedidos deben ser los más importantes, puesto que son los que tienen un mayor impacto en el uso de recursos y tiempo que emplea la empresa para su movimiento.

Si bien actualmente las cifras de la Tabla 7 indican que la familia One Way es la que genera mayor cantidad de viajes, también es cierto que en esta familia se encuentra una gran cantidad de productos de Clase C de la clasificación propuesta en la Tabla 23, por lo que si el modelo considera solamente el material para conformar las familias, o solamente la clasificación ABC, es probable que el resultado del modelo no sea del todo acertado.

Por lo mismo, la clasificación final propuesta considera tanto el material como la clasificación ABC de los productos.

De este modo, las familias que serán utilizadas en el modelo quedan conformadas del siguiente modo, indicado en la Tabla 24:

Tabla 24: Familias de productos según material y ABC

Familia	Productos considerados	Cantidad de productos	Número de pedidos diarios promedio Año 2016 (viajes/día)	Número de pedidos diarios promedio Diciembre 2016 (viajes/día)
Familia 1	One Way Clase A	52	1.738,14	2.914,50
Familia 2	Ref Pet Clase A	19	833,49	1.343,53
Familia 3	Vidrio Clase A	15	489,57	718,16
Familia 4	Tetra Pack Clase A	8	252,86	274,52
Familia 5	Lata Clase A	10	265,77	434,69
Familia 6	One Way Clase B	37	399,38	500,45
Familia 7	Ref Pet Clase B	1	11,60	15,27
Familia 8	Vidrio Clase B	10	113,33	168,13
Familia 9	Tetra Pack Clase B	7	74,37	74,76
Familia 10	Lata Clase B	3	39,92	66,90
Familia 11	Bag in Box Clase B	3	26,64	39,15
Familia 12	Sachette Clase B	3	22,68	35,94
Familia 13	One Way Clase C	40	133,72	174,97
Familia 14	Vidrio Clase C	6	19,13	30,95
Familia 15	Tetra Pack Clase C	8	19,15	16,53
Familia 16	Lata Clase C	4	14,70	20,21
Familia 17	Bag in Box Clase C	7	25,59	35,99
Familia 18	Sachette Clase C	5	14,38	17,91

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 24 incluye la cantidad de viajes que genera cada una de las familias de productos, basado en la cantidad de pedidos por día de los mismos. Los detalles de los productos que conforman cada grupo, con el detalle de cantidad de viajes que generan por día, y su respectivo volumen de ventas se encuentran en el Anexo 4.

4.2 Determinación de ubicaciones necesarias

Analizando la demanda de cada producto (datos especificados en Anexo 4), se obtienen las ubicaciones necesarias para cada familia de productos.

Para el cálculo de las ubicaciones necesarias se debe considerar que cada una de las ubicaciones cuenta con 4 niveles de altura, lo que equivale a 4 *pallets* de capacidad. Por lo tanto, un producto que presente una venta diaria promedio de 3,8 *pallets*, requiere una ubicación, y un producto que presente una venta diaria promedio de 4,1 *pallets* requiere dos ubicaciones.

Especificado esto, que permite diferenciar la cantidad de *pallets* promedio vendidos con la cantidad de ubicaciones necesarias, se calculan los valores que conforman la Tabla 25, que indica el número de ubicaciones necesarias por cada familia de productos considerando un día de temporada baja, y un día de temporada alta.

Tabla 25: Cantidad de ubicaciones necesarias de almacenaje

Familia	Productos considerados	Ubicaciones necesarias temporada baja	Ubicaciones necesarias temporada alta
Familia 1	One Way Clase A	71	88
Familia 2	Ref Pet Clase A	57	88
Familia 3	Vidrio Clase A	27	35
Familia 4	Tetra Pack Clase A	8	8
Familia 5	Lata Clase A	10	10
Familia 6	One Way Clase B	37	37
Familia 7	Ref Pet Clase B	1	1
Familia 8	Vidrio Clase B	10	10
Familia 9	Tetra Pack Clase B	7	7
Familia 10	Lata Clase B	3	3
Familia 11	Bag in Box Clase B	3	3
Familia 12	Sachette Clase B	3	3
Familia 13	One Way Clase C	41	41
Familia 14	Vidrio Clase C	6	6
Familia 15	Tetra Pack Clase C	8	8
Familia 16	Lata Clase C	4	4
Familia 17	Bag in Box Clase C	7	7
Familia 18	Sachette Clase C	5	5

Fuente: Elaboración propia

4.3 Sectorización de la distribución actual

Las condiciones de almacenamiento de la empresa requieren de una sectorización mayor a la que actualmente se utiliza, que divide la bodega solamente en 2 áreas. Es por aquello que se presenta una nueva división de zonas de almacenaje, manteniendo los dos grandes sectores de productos retornables y productos desechables, pero dividiendo cada uno de los mismos en zonas de almacenaje.

4.3.1 Sector retornables

Coca-Cola Embonor actualmente comercializa 51 productos de formato retornable (20 de plástico, y 31 de vidrio).

El sector de almacenaje de productos retornables de la bodega tiene capacidad para almacenar productos en 120 ubicaciones diferentes, en cada una de las cuales se apilan *pallets* hasta en 4 niveles de altura, por lo que la capacidad de almacenaje del sector es de 480 *pallets*.

No todas las zonas poseen la misma cantidad de ubicaciones disponibles, ya que no todas son de iguales dimensiones.

El detalle de zonas de almacenaje y su respectiva cantidad de ubicaciones se especifica en la Tabla 26.

Tabla 26: Cantidad de ubicaciones de cada zona retornable temporada baja

Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones
1	3	10	4	19	4	28	4
2	3	11	4	20	4	29	2
3	4	12	4	21	3	30	3
4	4	13	4	22	3	31	4
5	3	14	4	23	2	32	4
6	4	15	2	24	3	33	4
7	4	16	3	25	4	34	4
8	3	17	4	26	4		
9	3	18	4	27	4		

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la asignación de ubicaciones en temporada alta la empresa considera adecuado considerar los datos promedio del mes de máxima demanda de los últimos 3 años, que es Diciembre de 2016.

Analizados los datos de ventas de la empresa en dicho mes, en temporada alta se requiere de **140** ubicaciones para almacenar productos retornables según lo indicado en la Tabla 25.

Como es sabido, la empresa durante el año posee solamente **120** ubicaciones disponibles, las cuales no son suficientes para el período de alta demanda, es por lo mismo que el análisis de los datos sirve para determinar que no sólo existe una ubicación deficiente de productos, sino que también la capacidad de almacenaje es insuficiente para la temporada alta. Esta información no se manejaba en la empresa, ya que inicialmente la bodega fue construida y distribuida considerando almacenar 2, y hasta 3 días de stock de cada producto.

La solución para el problema que se presenta en temporada alta es asignar nuevas zonas de almacenamiento en sectores que inicialmente se destinarían para almacenamiento de productos sensibles, pero que finalmente se destinarán a almacenamiento de stock de reserva. La Figura 30 muestra las zonas de almacenamiento necesarias para almacenar productos retornables en temporada alta.

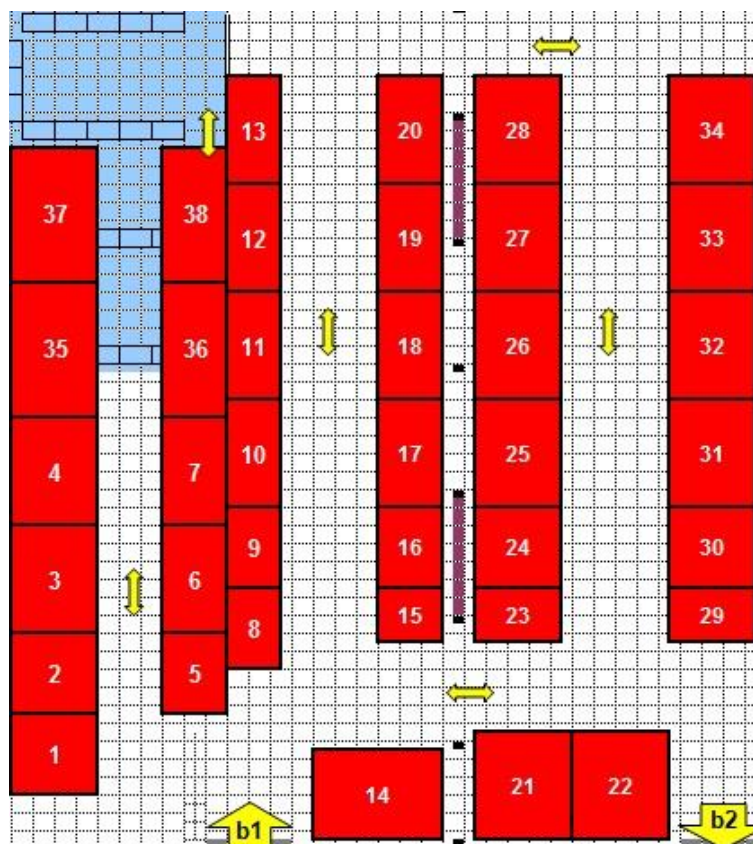


Figura 30: Zonas de almacenaje de productos retornables temporada alta
Fuente: Elaboración propia

La incorporación de cuatro nuevas zonas de almacenaje en el sector de productos retornables permite ampliar la capacidad de almacenaje de 120 ubicaciones a 140 ubicaciones. La Tabla 27 presenta el detalle de ubicaciones disponibles en cada una de las 38 zonas.

Tabla 27: Cantidad de ubicaciones de cada zona retornable temporada alta

Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones
1	3	11	4	21	3	31	4
2	3	12	4	22	3	32	4
3	4	13	4	23	2	33	4
4	4	14	4	24	3	34	4
5	3	15	2	25	4	35	5
6	4	16	3	26	4	36	5
7	4	17	4	27	4	37	5
8	3	18	4	28	4	38	5
9	3	19	4	29	2		
10	4	20	4	30	3		

Fuente: Elaboración propia

Las distancias desde el centro de cada una de las 38 zonas de almacenamiento a la entrada y a la salida de la bodega se indican en la Tabla 28.

Tabla 28: Distancia de cada zona retornable a entrada y salida

Zona	Distancia a b1 (metros)	Distancia a b2 (metros)	Zona	Distancia a b1 (metros)	Distancia a b2 (metros)
1	10,5	38,5	20	44,0	58,0
2	15,5	43,5	21	21,0	17,0
3	20,5	48,5	22	25,0	13,0
4	26,5	54,5	23	30,0	18,0
5	15,5	43,5	24	34,0	22,0
6	20,5	48,5	25	39,0	27,0
7	26,5	54,5	26	45,0	33,0
8	17,0	31,0	27	51,0	39,0
9	20,0	34,0	28	57,0	45,0
10	26,0	40,0	29	30,0	18,0
11	32,0	46,0	30	34,0	22,0
12	38,0	52,0	31	39,0	27,0
13	44,0	58,0	32	45,0	33,0
14	14,0	24,0	33	51,0	39,0
15	17,0	31,0	34	57,0	45,0
16	20,0	34,0	35	32,5	60,5
17	26,0	40,0	36	32,5	60,5
18	32,0	46,0	37	38,5	66,5
19	38,0	52,0	38	38,5	66,5

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Sector desechables

Coca-Cola Embonor comercializa 187 productos de formato desechable (129 de plástico, 23 de tetra pack, 17 de lata, 10 bag in box y 8 en sachette).

El sector de almacenaje de productos desechables de la bodega tiene capacidad para almacenar productos en **255** ubicaciones diferentes, en cada una de las cuales se apilan *pallets* hasta en 4 niveles de altura, por lo que la capacidad de almacenaje del sector es de **900 pallets**.

La venta promedio diaria de productos retornables de la empresa requiere de al menos **207** ubicaciones para almacenamiento de productos en temporada baja, mientras que la temporada alta requiere **224** ubicaciones. Al existir 255 ubicaciones disponibles, no existe problema en relación a la capacidad de almacenamiento en ninguna de las dos temporadas.

En el caso del sector de productos desechables, las ubicaciones se agrupan en 15 zonas de almacenaje que se ven en la Figura 31. Al igual que en el sector de retornables, en el sector de productos desechables existen 2 puertas en donde se inicia y finaliza el viaje de recolección (b1 para entrada y b2 para salida). La zona 15 es la más cercana a la entrada de la bodega, y la zona 5 las más cercana a la salida. La zona 13 es la zona más alejada de la entrada y la zona 12 la más alejada de la salida.

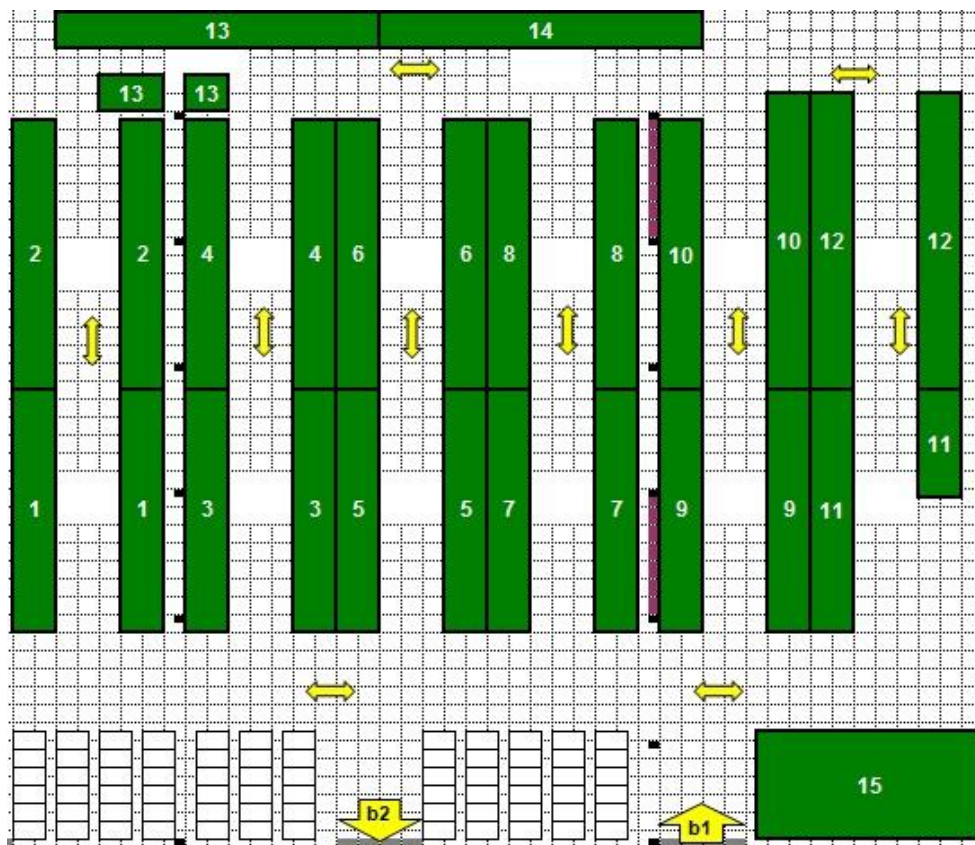


Figura 31: Zonas de almacenaje de productos desechables

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de ubicaciones de cada una de las zonas de almacenaje del sector de productos desechables se detalla en la Tabla 29.

Tabla 29: Cantidad de ubicaciones de cada zona desechable

Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones	Zona	Ubicaciones
1	18	6	20	11	13
2	20	7	18	12	22
3	18	8	20	13	13
4	20	9	18	14	10
5	18	10	21	15	6

Fuente: Elaboración propia

Las distancias desde el centro de cada una de las 15 zonas de almacenamiento a la entrada y a la salida de la bodega (que representan el punto de inicio y fin de un viaje de recolección) se indican en la Tabla 30.

Tabla 30: Distancia de cada zona desechable a entrada y salida

Zona	Distancia a b1 (metros)	Distancia a b2 (metros)
1	47,5	32,5
2	61,5	46,5
3	39,5	24,5
4	53,5	38,5
5	32,5	20,5
6	46,5	34,5
7	25,5	27,5
8	39,5	41,5
9	20,5	35,5
10	34,5	49,5
11	27,5	42,5
12	42,5	57,5
13	66,5	51,5
14	51,5	51,5
15	18,0	33,0

Fuente: Elaboración propia

4.4 Modelamiento

Para la formulación del modelo se asume lo siguiente:

- Se conocen la cantidad de productos a recolectar durante cada jornada, basado en la demanda histórica de la empresa, y la preventa de cada día, lo que permite determinar el número de ubicaciones necesarias.
- Existen dos temporadas de venta claramente marcadas: Temporada baja y temporada alta, en donde la temporada baja requiere considerar datos promedio del año, mientras que la temporada alta requiere considerar los datos promedio del mes de mayor demanda.
- Existen dos sectores claramente definidos para ubicar productos: Sector de productos retornables (REF), y sector de productos desechables (OW), donde el sector de productos retornables se divide en 34 zonas de almacenaje en temporada baja, y 38 en temporada alta. El sector de productos desechables se divide en 15 zonas para ambas temporadas.
- La entrada de la bodega es equivalente al punto de inicio de un viaje de recolección, mientras que la salida de la bodega es equivalente al punto final del viaje.

Las variables básicas a utilizar en el modelo son las distancias desde el centro de cada zona de almacenaje a la entrada y salida de la bodega, cantidad de ubicaciones necesarias para almacenar cada familia de productos, cantidad de ubicaciones disponibles en cada zona de almacenaje, y cantidad de viajes que se hacen para recoger cada producto en una jornada de trabajo.

Basado en las condiciones actuales de almacenamiento de la empresa, que separa la bodega en sector de productos retornables y en sector de productos desechables, y que considera dos temporadas de ventas (baja y alta), se debe aplicar el modelo a cada situación por separado.

Así, el trabajo otorgará soluciones para cuatro condiciones de almacenamiento en la empresa:

- Productos retornables en temporada baja
- Productos retornables en temporada alta
- Productos desechables en temporada baja
- Productos desechables en temporada alta

4.4.1 Productos retornables en temporada baja

La situación de almacenamiento de productos retornables en temporada baja considera que las familias de productos a almacenar son 5, o sea, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ siendo $n=5$. La Tabla 31 indica las 5 familias a considerar en este modelo.

Tabla 31: Familias de productos retornables

i	Familia	Productos
1	Familia 2	Ref Pet Clase A
2	Familia 3	Vidrio Clase A
3	Familia 7	Ref Pet Clase B
4	Familia 8	Vidrio Clase B
5	Familia 14	Vidrio Clase C

Fuente: Elaboración propia

La matriz de datos necesarios para el modelado de esta situación, detallados en la Tabla 32, viene dada por la información entregada en las Tablas 24 y 25 de este capítulo.

Tabla 32: Matriz de datos caso retornables temporada baja

Familia de productos i	Ubicaciones necesarias A_i	Número de pedidos (viajes/día)
1	57	833,49
2	27	489,57
3	1	11,60
4	10	113,33
5	6	19,13

Fuente: Elaboración propia

Con esta información clara, lo siguiente es construir el vector de ubicaciones necesarias de la Tabla 33 y la matriz de viajes de la Tabla 34.

Tabla 33: Vector de ubicaciones necesarias caso retornables temporada baja

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	
A_i	57	27	1	10	6	$\sum_{i=1}^5 A_i = 101$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Matriz de viajes caso retornables temporada baja

<i>i</i>	b1	b2
1	833,49	833,49
2	489,57	489,57
3	11,60	11,60
4	113,33	113,33
5	19,13	19,13

Fuente: Elaboración propia

La información disponible en la Tabla 28 de este capítulo permite construir la matriz de distancias de la Tabla 35.

Tabla 35: Matriz de distancias caso retornables temporada baja

	<i>j</i> ₁	<i>j</i> ₂	<i>j</i> ₃	...	<i>j</i> ₃₄
b1	10,5	15,5	20,5	...	57,0
b2	38,5	43,5	48,5	...	45,0

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es calcular la matriz de distancia total promedio esperada.

Los coeficientes que componen dicha matriz se calculan así:

$$C_{ij} = (1/\text{cantidad de ubicaciones necesarias de la familia}) * \text{viajes que genera la familia} * (\text{distancia desde la entrada a la zona} + \text{distancia desde la zona a la salida})$$

El coeficiente de asignar una de las 57 ubicaciones necesarias de la familia 1 a la zona 1 se calcula de la siguiente manera:

$$C_{1,1} = (1/57) * 833,49 * (10,5+38,5) = 717$$

Al finalizar de calcular cada familia contra cada zona se obtienen en total 170 coeficientes (el resultado de la multiplicación de las n=5 familias y las m=34 zonas disponibles).

La Tabla 36 muestra la matriz de distancias totales promedio construida en base al cálculo de los 170 coeficientes.

Tabla 36: Matriz de distancias totales promedio esperadas retornables temporada baja

Zona <i>j</i>	<i>i</i> ₁	<i>i</i> ₂	<i>i</i> ₃	<i>i</i> ₄	<i>i</i> ₅
1	717	888	568	555	156
2	863	1070	684	669	188
3	1009	1251	800	782	220
4	1184	1469	940	918	258
5	863	1070	684	669	188
6	1009	1251	800	782	220
7	1184	1469	940	918	258
8	702	870	557	544	153
9	790	979	626	612	172
10	965	1197	766	748	210
11	1141	1414	905	884	249
12	1316	1632	1044	1020	287
13	1492	1849	1183	1156	325
14	556	689	441	431	121
15	702	870	557	544	153
16	790	979	626	612	172
17	965	1197	766	748	210
18	1141	1414	905	884	249
19	1316	1632	1044	1020	287
20	1492	1849	1183	1156	325
21	556	689	441	431	121
22	556	689	441	431	121
23	702	870	557	544	153
24	819	1015	650	635	179
25	965	1197	766	748	210
26	1141	1414	905	884	249
27	1316	1632	1044	1020	287
28	1492	1849	1183	1156	325
29	702	870	557	544	153
30	819	1015	650	635	179
31	965	1197	766	748	210
32	1141	1414	905	884	249
33	1316	1632	1044	1020	287
34	1492	1849	1183	1156	325

Fuente: Elaboración propia

Así, el modelo matemático de asignación de ubicaciones para el caso de productos retornables en temporada baja se formula del siguiente modo:

Modelo Matemático:

Minimizar la distancia total recorrida para el proceso de *picking*

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{34} c_{ij} * x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{34} x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, 5\}$$

Para asegurar que la familia i sea asignada a las ubicaciones A_i necesarias, en las 34 zonas disponibles.

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 34\}$$

Para asegurar que en ninguna zona sean asignados más productos que la capacidad U_j de la zona.

$x_{ij} \in Z^+ = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ naturaleza de las variables.

Para resolver este modelo se utiliza la herramienta de optimización llamada Solver, perteneciente al software Microsoft Excel 2007.

Se carga el modelo con las 170 distancias promedio esperadas, las 170 variables de decisión, y las 3 restricciones mencionadas, como se muestra en la Figura 32.

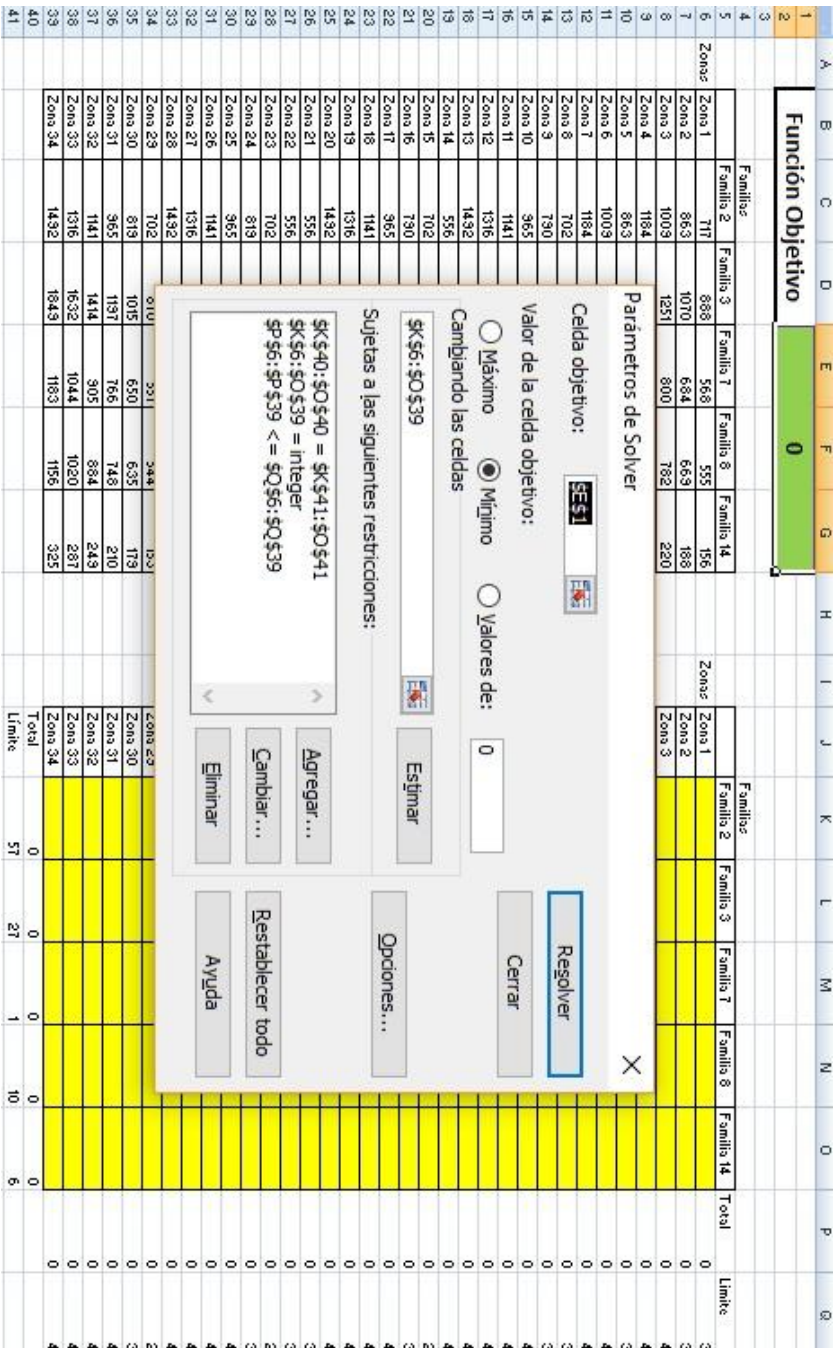


Figura 32: Modelo caso retornables temporada baja cargado en Solver
 Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

La solución que entrega el software para la asignación de ubicaciones a las familias de productos retornables en un período de temporada baja se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada baja

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1		3			
Zona 2	3				
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5	3				
Zona 6	4				
Zona 7			1	3	
Zona 8		3			
Zona 9		3			
Zona 10	4				
Zona 11	4				
Zona 12				4	
Zona 13					
Zona 14		4			
Zona 15		2			
Zona 16	1	2			
Zona 17	4				
Zona 18	4				
Zona 19				3	
Zona 20					
Zona 21		3			
Zona 22		3			
Zona 23		2			
Zona 24	3				
Zona 25	4				
Zona 26	4				
Zona 27					4
Zona 28					
Zona 29		2			
Zona 30	3				
Zona 31	4				
Zona 32	4				
Zona 33					2
Zona 34					

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Para ver la asignación con mayor claridad, los resultados de la Tabla 37 se aplican a la distribución de zonas, como se puede apreciar en la Figura 33.

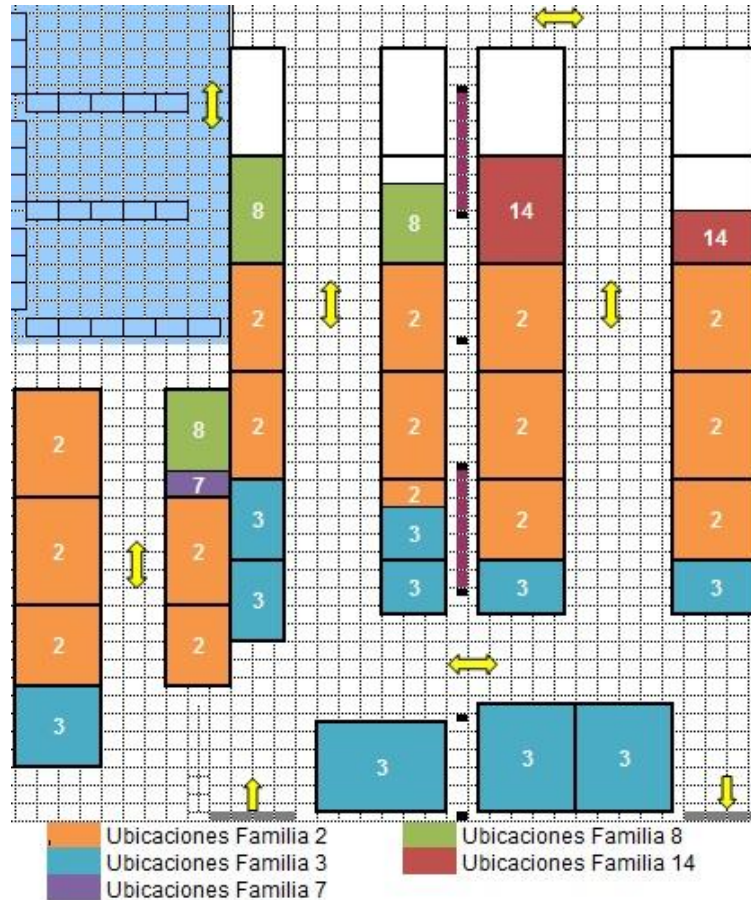


Figura 33: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada baja
Fuente: Elaboración propia

Tal como se esperaba, las familias de productos Clase A (Familia 2 y Familia 3) deben ubicarse en las mejores zonas (las más cercanas a las puertas de entrada y salida). En tanto, la única familia de productos retornables Clase C (Familia 14) debe ser la familia más lejana a las puertas. Las ubicaciones menos accesibles quedan sin asignación de producto, y esto es lógico, debido a que para llegar a dichas ubicaciones se recorren distancias más largas. Las familias Clase B (Familia 7 y Familia 8) deben ubicarse en zonas intermedias.

La distancia total a recorrer utilizando esta configuración de bodega es de **92.219mts.**

Para verificar que la ubicación de productos en base a cantidad de viajes otorga mejores resultados en base al volumen de ventas se calcula la distancia total a recorrer priorizando darle las mejores ubicaciones a los productos con mayor demanda, en cuyo caso la distribución sería la de la Figura 34.

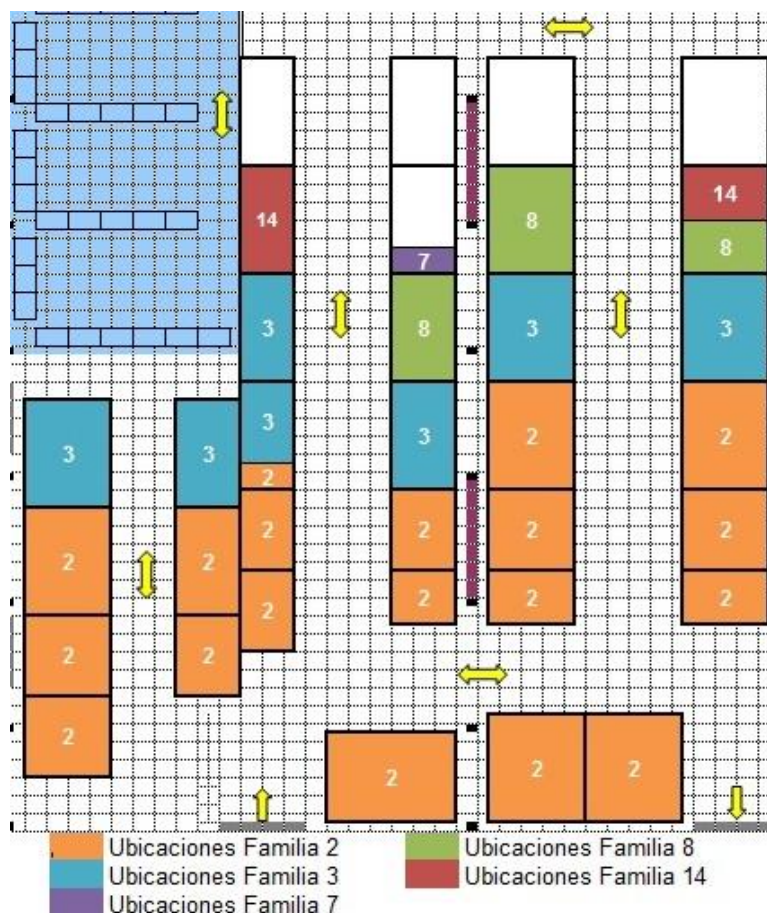


Figura 34: Asignación por volumen caso retornables temporada baja
Fuente: Elaboración propia

La distribución es similar a la anterior, salvo que en este caso se otorgan las mejores ubicaciones a la Familia 2, que es la que presenta el mayor volumen de ventas.

La distancia total a recorrer asignando ubicaciones según el volumen de ventas de los productos es de **95.128mts.**

Estas cifras indican que si se asignan las mejores ubicaciones a los productos que presenten mayor volumen de ventas, se recorrerán en total **2.909mts.** más por cada jornada de

trabajo que si se asignan considerando la cantidad de pedidos de cada producto. Estos resultados comprueban que modelar en base a la cantidad de viajes es la decisión correcta.

Como la situación actual de la empresa presenta ubicaciones de productos totalmente aleatorias, se calcula ahora la distancia total a recorrer bajo una asignación aleatoria de ubicaciones en bodega. La asignación propuesta es la de la Tabla 38.

Tabla 38: Asignación aleatoria caso retornables temporada baja

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1	3				
Zona 2	3				
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5	3				
Zona 6	4				
Zona 7	4				
Zona 8	3				
Zona 9	3				
Zona 10	4				
Zona 11	4				
Zona 12	4				
Zona 13	4				
Zona 14	4				
Zona 15	2				
Zona 16	3				
Zona 17	1	3			
Zona 18		4			
Zona 19		4			
Zona 20		4			
Zona 21		3			
Zona 22		3			
Zona 23		2			
Zona 24		3			
Zona 25		1	1	2	
Zona 26				4	
Zona 27				4	
Zona 28					4
Zona 29					2
Zona 30					
Zona 31					
Zona 32					
Zona 33					
Zona 34					

Fuente: Elaboración propia

La asignación aleatoria calculada, en donde se comienzan a llenar las ubicaciones sin considerar volumen de ventas o cantidad de pedidos de cada familia de productos, conlleva a que se recorran en total **100.736mts.** al día. Si la asignación aleatoria actual de la empresa fuese la peor asignación de ubicaciones posible (ver Anexo 5), se estarían recorriendo actualmente **116.794mts.** por cada día promedio de trabajo.

La Tabla 39 resume las mejoras que se conseguirían con la aplicación del modelo, en comparación a las 3 situaciones descritas.

Tabla 39: Mejoras obtenidas caso retornables temporada baja

Asignación de ubicaciones	Distancia total recorrida (metros)	Disminución del modelo (metros)	Mejora porcentual
Asignación según volumen	95.128	2.909	3,06%
Asignación aleatoria	100.736	8.517	8,45%
Peor asignación	116.794	24.575	21,04%

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Productos retornables en temporada alta

Para el caso de almacenamiento de productos retornables en temporada alta se repite el procedimiento aplicado tanto al caso ejemplo como al caso de productos retornables en temporada baja, considerando que en este caso las zonas de almacenaje aumentan de 34 a 38. Las familias a almacenar son las mismas de la Tabla 31.

La matriz de datos necesarios para el modelado de esta situación se detalla en la Tabla 40.

Tabla 40: Matriz de datos caso retornables temporada alta

Familia de productos i	Ubicaciones necesarias A_i	Número de pedidos (viajes/día)
1	88	1.343,53
2	35	718,16
3	1	15,27
4	10	168,13
5	6	30,95

Fuente: Elaboración propia

Estos datos, más los datos de distancia presentes en la Tabla 28 permiten calcular los 190 coeficientes a utilizar en el modelo. La Tabla 41 muestra los coeficientes calculados.

Tabla 41: Matriz de distancias totales promedio esperadas retornables temporada alta

Zona j	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
1	748	1005	748	824	253
2	901	1211	901	992	304
3	1053	1416	1054	1160	356
4	1237	1662	1237	1362	418
5	901	1211	901	992	304
6	1053	1416	1054	1160	356
7	1237	1662	1237	1362	418
8	733	985	733	807	248
9	824	1108	825	908	279
10	1008	1354	1008	1110	340
11	1191	1600	1191	1311	402
12	1374	1847	1374	1513	464
13	1557	2093	1558	1715	526
14	580	780	580	639	196
15	733	985	733	807	248
16	824	1108	825	908	279
17	1008	1354	1008	1110	340
18	1191	1600	1191	1311	402
19	1374	1847	1374	1513	464
20	1557	2093	1558	1715	526
21	580	780	580	639	196
22	580	780	580	639	196
23	733	985	733	807	248
24	855	1149	855	942	289
25	1008	1354	1008	1110	340
26	1191	1600	1191	1311	402
27	1374	1847	1374	1513	464
28	1557	2093	1558	1715	526
29	733	985	733	807	248
30	855	1149	855	942	289
31	1008	1354	1008	1110	340
32	1191	1600	1191	1311	402
33	1374	1847	1374	1513	464
34	1557	2093	1558	1715	526
35	1420	1908	1420	1564	480
36	1420	1908	1420	1564	480
37	1603	2154	1603	1765	542
38	1603	2154	1603	1765	542

Fuente: Elaboración propia

Así, el modelo matemático de asignación de ubicaciones para el caso de productos retornables en temporada alta se formula del siguiente modo:

Modelo Matemático:

Minimizar la distancia total recorrida para el proceso de *picking*

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{38} c_{ij} * x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{38} x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, 5\}$$

Para asegurar que la familia i sea asignada a las ubicaciones A_i necesarias, en las 38 zonas disponibles.

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 38\}$$

Para asegurar que en ninguna zona sean asignados más productos que la capacidad U_j de la zona.

$x_{ij} \in Z^+ = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ naturaleza de las variables.

Para resolver este modelo se utiliza la herramienta de optimización llamada Solver, perteneciente al software Microsoft Excel 2007.

Se carga el modelo con las 190 distancias promedio esperadas, las 190 variables de decisión, y las 3 restricciones mencionadas, como se muestra en la Figura 35.

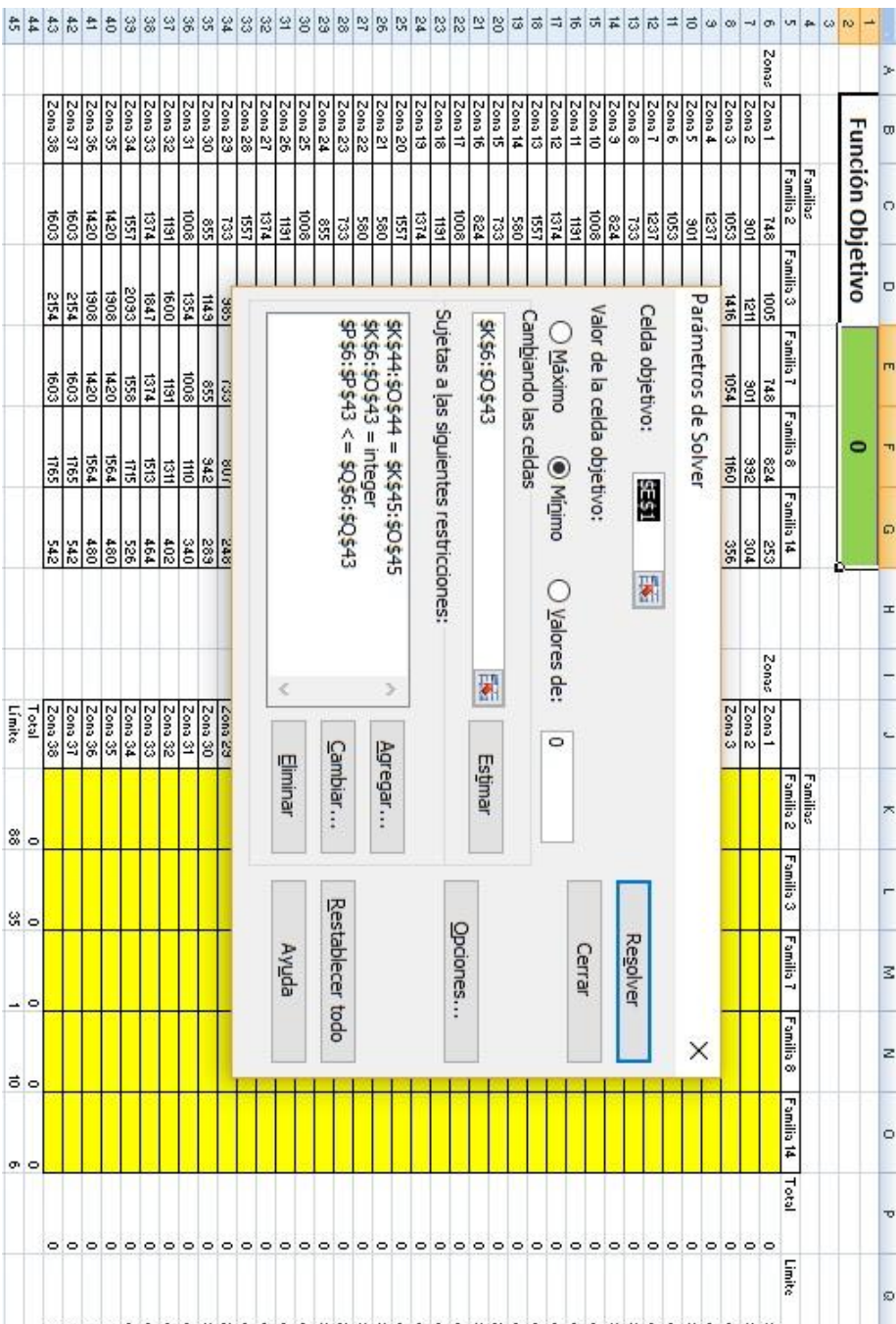


Figura 35: Modelo caso retornables temporada alta cargado en Solver
 Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

La solución que entrega el software para la asignación de ubicaciones en el caso de productos retornables en temporada alta se muestra en la Tabla 42.

Tabla 42: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada alta

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1		3			
Zona 2				3	
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5		1		2	
Zona 6	4				
Zona 7	4				
Zona 8		3			
Zona 9		3			
Zona 10				4	
Zona 11	4				
Zona 12	4				
Zona 13	4				
Zona 14		4			
Zona 15		2			
Zona 16		3			
Zona 17	3			1	
Zona 18	4				
Zona 19	4				
Zona 20	4				
Zona 21		3			
Zona 22		3			
Zona 23		2			
Zona 24		3			
Zona 25	4				
Zona 26	4				
Zona 27	4				
Zona 28	4				
Zona 29		2			
Zona 30		3			
Zona 31	4				
Zona 32	4				
Zona 33	4				
Zona 34	4				
Zona 35	5				
Zona 36	5				
Zona 37	3		1		1
Zona 38					5

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Los resultados de la Tabla 42 se aplican a la distribución de zonas de almacenamiento de productos retornables, como se puede apreciar en la Figura 36.

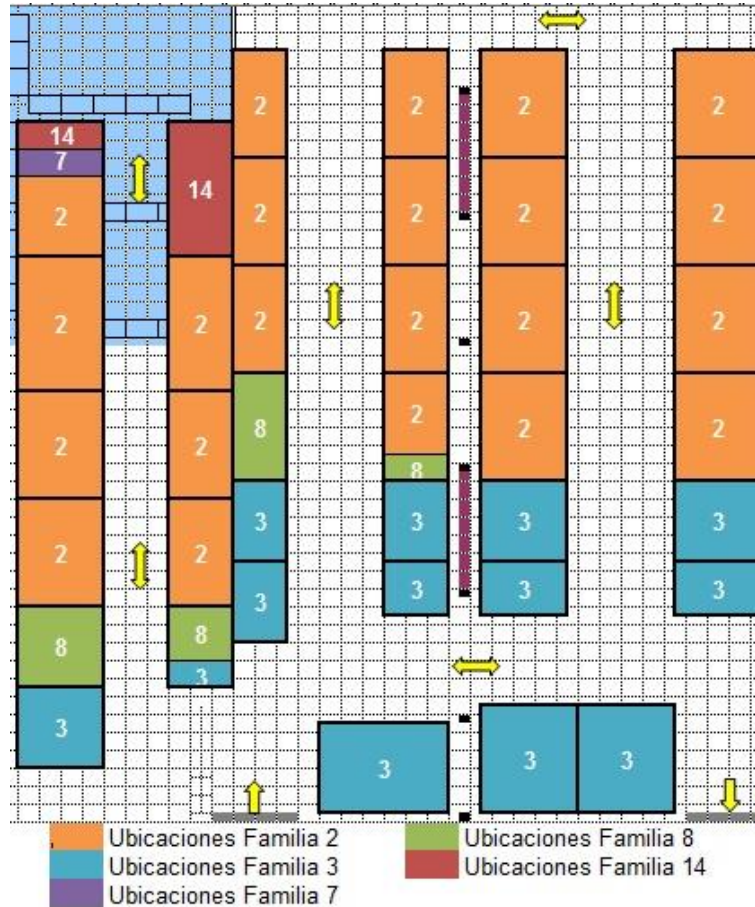


Figura 36: Asignación de ubicaciones caso retornables temporada alta
Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la asignación de ubicaciones en temporada baja, si bien se sigue ubicando la Familia 3 en las mejores zonas, en temporada alta se deben priorizar la Familia 8 por sobre la Familia 2 para la ubicación de los productos. Esto se debe a que en la Familia 8 aumenta la cantidad de pedidos, pero no así la cantidad de ubicaciones necesarias como lo que ocurre con la Familia 2, por ende, a mayor cantidad de pedidos en relación al número de ubicaciones, mejores ubicaciones otorga el modelo. Las Familias 7 y 14 en tanto deben mantenerse en las ubicaciones más lejanas a las puertas.

La distancia total a recorrer utilizando esta configuración de bodega es de **164.160mts.**

Para determinar en cuánto puede disminuir la distancia total a recorrer bajo esta nueva disposición de productos, se compara la ubicación entregada por el modelo, con una asignación aleatoria y con la peor asignación posible.

El detalle de dichas asignaciones se encuentra en el Anexo 5 de este trabajo.

Las mejoras obtenidas con la aplicación del modelo en comparación con las situaciones comentadas se resumen en la Tabla 43.

Tabla 43: Mejoras obtenidas caso retornables temporada alta

Asignación de productos	Distancia total recorrida (metros)	Disminución del modelo (metros)	Mejora porcentual
Asignación aleatoria	170.531	6.371	3,74%
Peor asignación	178.321	14.161	7,94%

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Productos desechables en temporada baja

La situación de almacenamiento de productos desechables en temporada baja considera que las familias de productos a almacenar son 13, o sea, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ siendo $n=13$. La Tabla 44 indica las 13 familias a considerar en este modelo.

Tabla 44: Familias de productos desechables

i	Familia	Productos
1	Familia 1	One Way Clase A
2	Familia 4	Tetra Pack Clase A
3	Familia 5	Lata Clase A
4	Familia 6	One Way Clase B
5	Familia 9	Tetra Pack Clase B
6	Familia 10	Lata Clase B
7	Familia 11	Bag in Box Clase B
8	Familia 12	Sachette Clase B
9	Familia 13	One Way Clase C
10	Familia 15	Tetra Pack Clase C
11	Familia 16	Lata Clase C
12	Familia 17	Bag in Box Clase C
13	Familia 18	Sachette Clase C

Fuente: Elaboración propia

La matriz de datos necesarios para el modelado de esta situación, detallados en la Tabla 45, viene dada por la información entregada en las Tablas 24 y 25 de este capítulo.

Tabla 45: Matriz de datos caso desechables temporada baja

Familia de Productos i	Ubicaciones necesarias A_i	Número de pedidos (viajes/día)
i_1	71	1.738,14
i_2	8	252,86
i_3	10	265,77
i_4	37	399,38
i_5	7	74,37
i_6	3	30,92
i_7	3	26,64
i_8	3	22,68
i_9	41	133,72
i_{10}	8	19,15
i_{11}	4	14,70
i_{12}	7	25,59
i_{13}	5	14,38

Fuente: Elaboración propia

Los pasos siguientes son exactamente los mismos que se desarrollaron anteriormente, esto es, construir el vector de ubicaciones necesarias y las respectivas matrices de viajes y distancias que permiten calcular los 195 coeficientes necesarios para el modelo (la multiplicación de las 13 familias y las 15 zonas).

La Tabla 46 muestra los coeficientes calculados para la aplicación del modelo al caso de productos desechables en temporada baja..

Tabla 46: Matriz de distancias totales promedio esperadas desechables temporada baja

Zona j	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}	i_{12}	i_{13}
1	1958	2529	2126	864	850	1065	710	605	261	192	294	292	230
2	2644	3414	2870	1166	1147	1437	959	816	352	259	397	395	311
3	1567	2023	1701	691	680	852	568	484	209	153	235	234	184
4	2252	2908	2445	993	977	1224	817	696	300	220	338	336	265
5	1297	1675	1409	572	563	705	471	401	173	127	195	194	152
6	1983	2560	2153	874	861	1078	719	612	264	194	298	296	233
7	1297	1675	1409	572	563	705	471	401	173	127	195	194	152
8	1983	2560	2153	874	861	1078	719	612	264	194	298	296	233
9	1371	1770	1488	604	595	745	497	423	183	134	206	205	161
10	2056	2655	2232	907	892	1118	746	635	274	201	309	307	242
11	1714	2213	1860	756	744	931	622	529	228	168	257	256	201
12	2448	3161	2658	1079	1062	1331	888	756	326	239	368	366	288
13	2889	3730	3136	1274	1254	1570	1048	892	385	282	434	431	339
14	2522	3256	2737	1112	1094	1371	915	779	336	247	379	377	296
15	1249	1612	1355	550	542	679	453	386	166	122	187	186	147

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Así, el modelo matemático de asignación de ubicaciones para el caso de productos desechables en temporada baja se formula del siguiente modo:

Modelo Matemático:

Minimizar la distancia total recorrida para el proceso de *picking*

$$\sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^{15} c_{ij} * x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{15} x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, 13\}$$

Para asegurar que la familia i sea asignada a las ubicaciones A_i necesarias, en las 15 zonas disponibles.

$$\sum_{i=1}^{13} x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 15\}$$

Para asegurar que en ninguna zona sean asignados más productos que la capacidad U_j de la zona.

$x_{ij} \in Z^+ = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ naturaleza de las variables.

Para resolver este modelo, tal como en los casos anteriores, se utiliza la herramienta de optimización llamada Solver, perteneciente al software Microsoft Excel 2007.

Se carga el modelo con las 195 distancias promedio esperadas, las 195 variables de decisión, y las 3 restricciones mencionadas, como se muestra en la Figura 37.

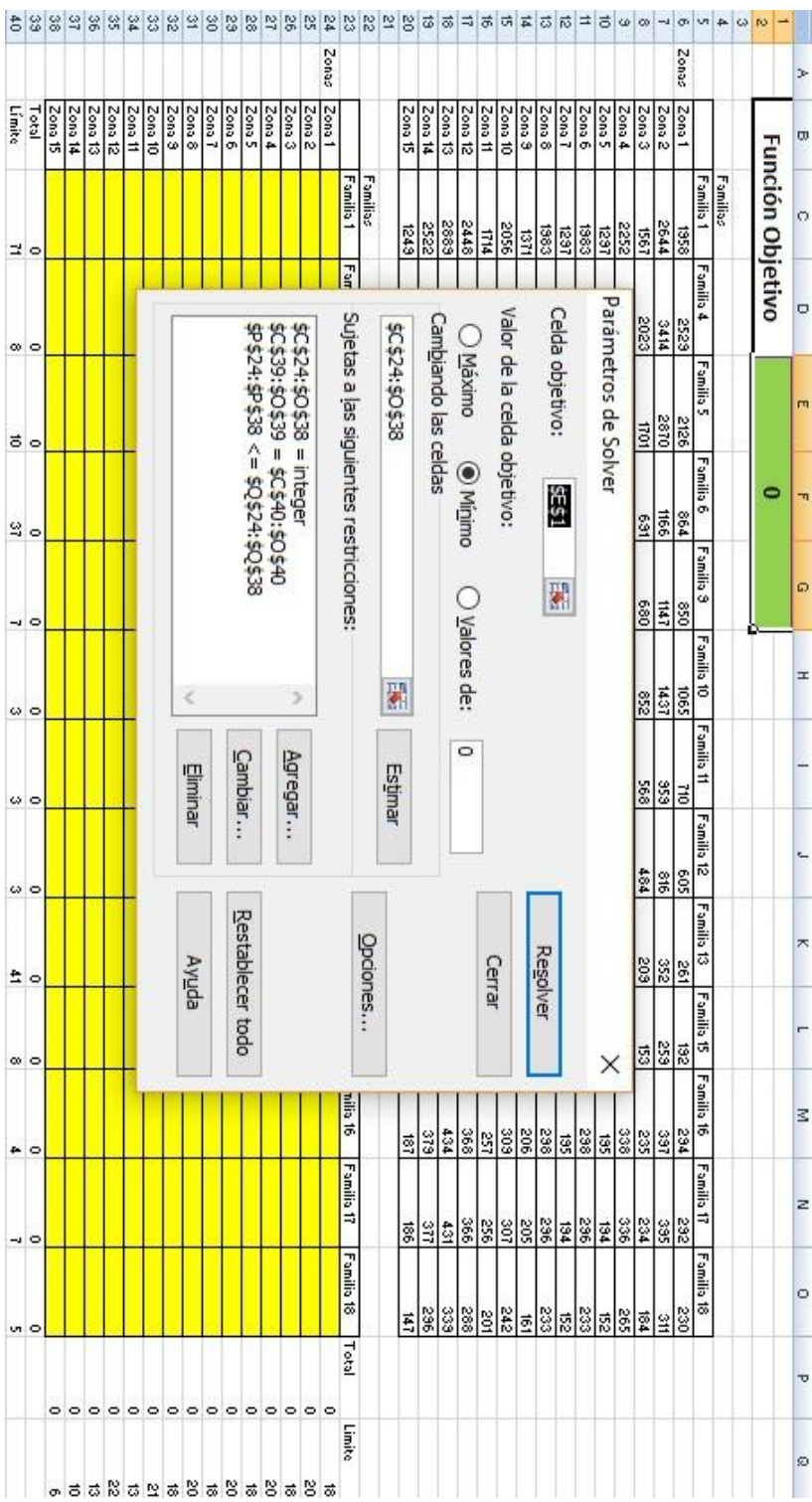


Figura 37: Modelo caso desechables temporada baja cargado en Solver
 Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

La solución que entrega el software para la asignación de ubicaciones de productos desechables en temporada baja se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada baja

	F.1	F.4	F.5	F.6	F.9	F.10	F.11	F.12	F.13	F.15	F.16	F.17	F.18
Zona 1				17		1							
Zona 2													
Zona 3	18												
Zona 4									20				
Zona 5	8		10										
Zona 6					7		3	3			4	3	
Zona 7	16	2											
Zona 8				20									
Zona 9	18												
Zona 10									17			4	
Zona 11	11					2							
Zona 12									4	8			5
Zona 13													
Zona 14													
Zona 15		6											

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Para mayor claridad, los resultados de la Tabla 47 se aplican a la imagen que representa las 15 zonas de almacenaje, como se puede apreciar en la Figura 38.

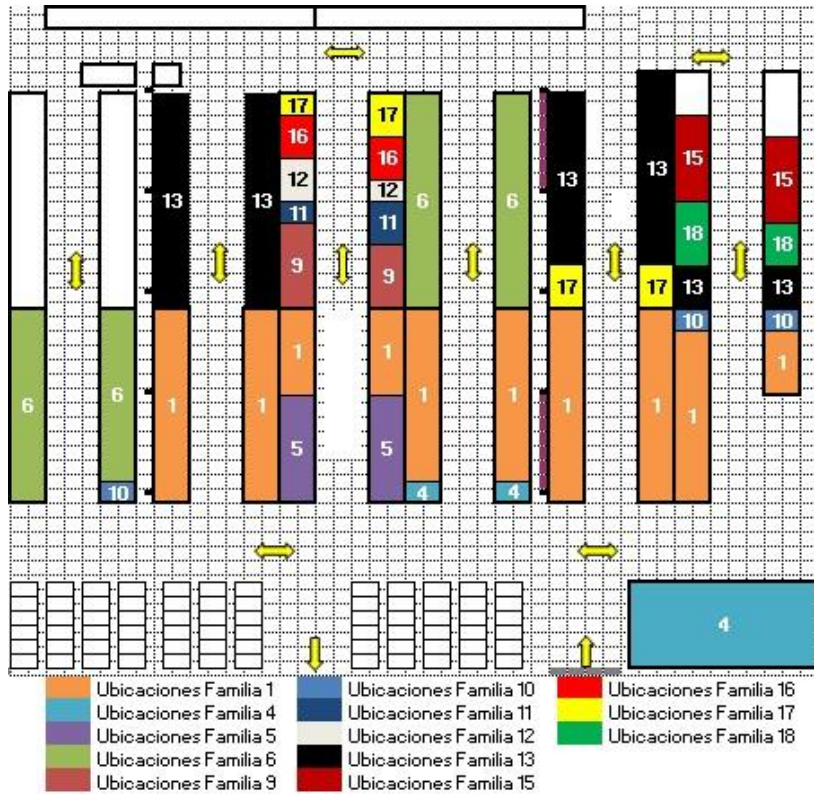


Figura 38: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada baja
Fuente: Elaboración propia

Familia 1: Al ser una familia con un alto volumen de ventas, requiere gran cantidad de ubicaciones. Se debe ubicar en las zonas 3, 5, 7, 9 y 11, todas ellas ubicaciones cercanas tanto a la entrada como a la salida de la bodega. Son ubicaciones lógicas y muy buenas, ya que los productos de esta familia presentan una alta cantidad de pedidos, y las distancias a recorrer son cortas.

Familia 4: Se debe ubicar principalmente en la zona 15, la mejor zona de la bodega, ya que es la que requiere de menores desplazamientos para llegar desde la entrada (está prácticamente al lado de la puerta). Recibe dos ubicaciones extra en la zona 7, ya que la capacidad de la zona 15 es insuficiente para recibir a todos los productos de la familia.

Familia 5: Después de la Familia 4, es la que requiere mejores ubicaciones. Estas son en el tercer pasillo, cercano a la salida (zona 5).

Familia 6: Es una familia con un alto volumen de ventas, pero una rotación media, por lo que se le asignan zonas de media distancia en relación a las puertas. Sus productos se deben ubicar en la parte cercana del primer pasillo (zona 1) y en la parte alta del tercer pasillo (zona 8).

Familias 9, 10, 11 y 12: Son familias de rotación media, y de baja cantidad de productos, por lo que deben ser ubicados en zonas intermedias de la bodega (zonas 1, 6, 11 y 12).

Familias 13, 15, 16, 17 y 18: Son las familias de baja rotación, que acumulan la menor cantidad de pedidos, y son ubicadas en secciones que requieren recorrer distancias más largas.

El resultado del modelo es de **193.713mts**. Comparando la asignación propuesta con una asignación aleatoria y la peor asignación posible se obtienen los siguientes datos de la Tabla 48:

Tabla 48: Mejoras obtenidas caso desechables temporada baja

Asignación de productos	Distancia total recorrida (metros)	Disminución del modelo (metros)	Mejora porcentual
Asignación aleatoria	237.632	43.919	18,48%
Peor asignación	292.572	98.859	33,79%

Fuente: Elaboración propia

El detalle de la asignación aleatoria y la peor asignación posible de productos desechables en temporada alta utilizadas para el cuadro comparativo se encuentra en el Anexo 5.

4.4.4 Productos desechables en temporada alta

Para el caso de almacenamiento de productos desechables en temporada alta las familias a almacenar son las mismas de la Tabla 43.

La matriz de datos necesarios para el modelado de esta situación se detalla en la Tabla 49.

Tabla 49: Matriz de datos caso desechables temporada alta

Familia de Productos i	Ubicaciones necesarias A_i	Número de pedidos (viajes/día)
i_1	88	2.914,50
i_2	8	274,52
i_3	10	434,69
i_4	37	500,45
i_5	7	74,76
i_6	3	66,90
i_7	3	39,15
i_8	3	35,94
i_9	41	174,97
i_{10}	8	16,53
i_{11}	4	20,21
i_{12}	7	35,99
i_{13}	5	17,91

Fuente: Elaboración propia

Estos datos, más los datos de distancia presentes en la Tabla 30 permiten calcular los 195 coeficientes a utilizar en el modelo. La Tabla 50 muestra los coeficientes calculados.

Tabla 50: Matriz de distancias totales promedio esperadas desechables temporada alta

Zona j	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}	i_{12}	i_{13}
1	2650	2745	3478	1082	854	1784	1044	958	341	165	404	411	287
2	3577	3706	4695	1461	1153	2408	1409	1294	461	223	546	555	387
3	2120	2196	2782	866	684	1427	835	767	273	132	323	329	229
4	3047	3157	3999	1244	983	2052	1201	1102	393	190	465	473	330
5	1755	1819	2304	717	566	1182	692	635	226	110	268	272	190
6	2683	2780	3521	1096	865	1806	1057	970	346	167	409	416	290
7	1755	1819	2304	717	566	1182	692	635	226	110	268	272	190
8	2683	2780	3521	1096	865	1806	1057	970	346	167	409	416	290
9	1855	1922	2434	757	598	1249	731	671	239	116	283	288	201
10	2782	2882	3651	1136	897	1873	1096	1006	358	174	424	432	301
11	2318	2402	3043	947	748	1561	914	839	299	145	354	360	251
12	3312	3432	4347	1353	1068	2230	1305	1198	427	207	505	514	358
13	3908	4049	5129	1596	1260	2631	1540	1414	504	244	596	607	423
14	3411	3534	4477	1393	1100	2297	1344	1234	440	213	520	530	369
15	1689	1750	2217	690	545	1137	666	611	218	105	258	262	183

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Así, el modelo matemático de asignación de ubicaciones para el caso de productos desechables en temporada alta se formula del siguiente modo:

Modelo Matemático:

Minimizar la distancia total recorrida para el proceso de *picking*

$$\sum_{i=1}^{13} \sum_{j=1}^{15} c_{ij} * x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{15} x_{ij} = A_i \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, 13\}$$

Para asegurar que la familia i sea asignada a las ubicaciones A_i necesarias, en las 15 zonas disponibles.

$$\sum_{i=1}^{13} x_{ij} \leq U_j \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 15\}$$

Para asegurar que en ninguna zona sean asignados más productos que la capacidad U_j de la zona.

$x_{ij} \in Z^+ = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ naturaleza de las variables.

Para resolver este modelo se utiliza la herramienta de optimización llamada Solver, perteneciente al software Microsoft Excel 2007.

Se carga el modelo con las 195 distancias promedio esperadas, las 195 variables de decisión, y las 3 restricciones mencionadas, como se muestra en la Figura 39.

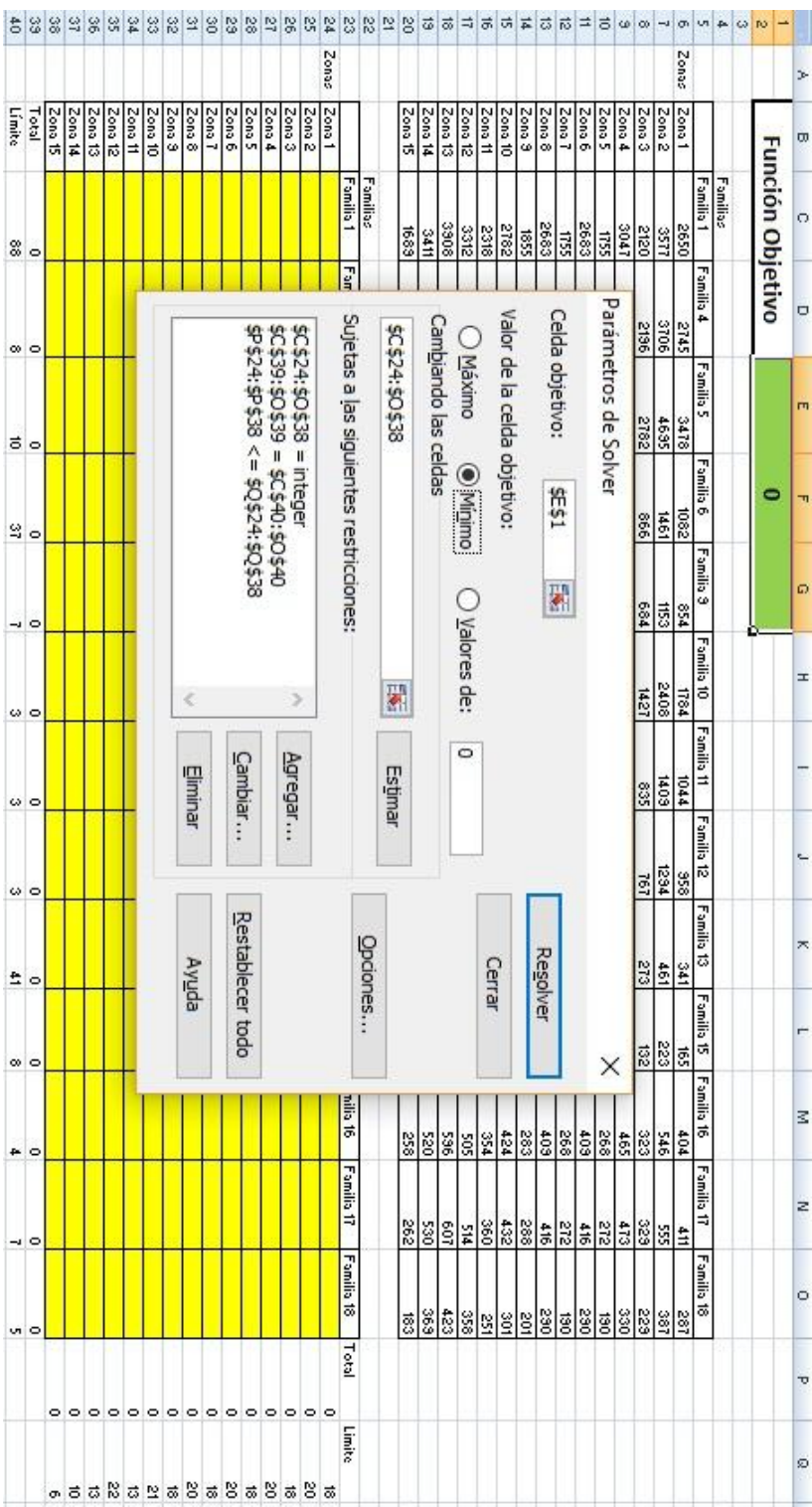


Figura 39: Modelo caso desechables temporada alta cargado en Solver
 Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

La solución que entrega el software para la asignación de ubicaciones de productos desechables en temporada alta se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada alta

	F.1	F.4	F.5	F.6	F.9	F.10	F.11	F.12	F.13	F.15	F.16	F.17	F.18
Zona 1	15					3							
Zona 2										2			
Zona 3	18												
Zona 4									20				
Zona 5	14		4										
Zona 6				17			3						
Zona 7	10	8											
Zona 8				20									
Zona 9	18												
Zona 10					7			3			4	7	
Zona 11	13												
Zona 12									21				1
Zona 13													
Zona 14										6			4
Zona 15			6										

Fuente: Solver, Microsoft Excel 2007

Los resultados de la Tabla 51 se aplican a la distribución de zonas, como se puede apreciar en la Figura 40, para ver con mayor claridad en qué zona debe ir ubicada cada familia de productos

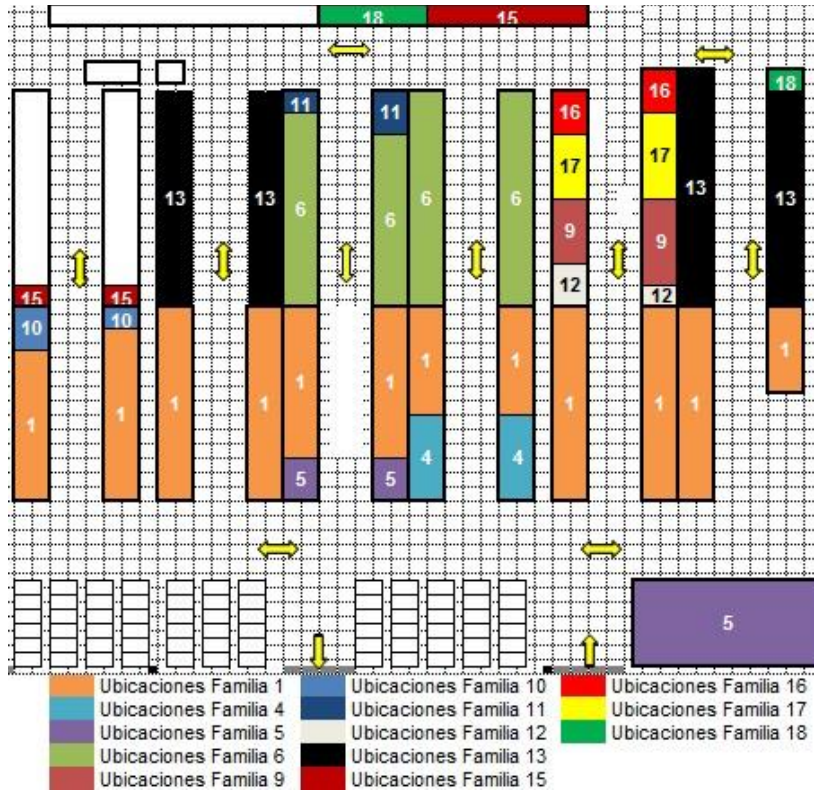


Figura 40: Asignación de ubicaciones caso desechables temporada alta
Fuente: Elaboración propia

La situación es bastante similar a la que se presenta en meses de baja demanda. Se deben ubicar en las zonas más cercanas a la entrada y salida de la bodega los productos de las Familias 1, 4 y 5. Todas familias Clase A según su rotación.

En segundo orden de importancia, aparecen las familias 6, 9, 10, 11, y 12, que deben ubicarse en las zonas intermedias de la bodega, para dejar los productos de las Familias 13, 15, 16, 17 y 18 en las zonas más lejanas.

El resultado del modelo es de **303.064mts**. Comparando la asignación propuesta con una asignación aleatoria y la peor asignación posible se obtienen los siguientes datos de la Tabla 52:

Tabla 52: Mejoras obtenidas caso desechables temporada alta

Ubicación de productos	Distancia total recorrida (metros)	Disminución del modelo (metros)	Mejora porcentual
Ubicación aleatoria	361.570	58.506	16,18%
Peor ubicación	436.774	133.710	30,61%

Fuente: Elaboración propia

El detalle de la asignación aleatoria y la peor asignación posible de productos desechables en temporada alta utilizadas para el cuadro comparativo se encuentra en el Anexo 5.

5. Conclusiones

Como se definió al inicio de este trabajo de título, el objetivo principal es la ubicación eficiente de los productos en bodega, de forma tal de disminuir los trayectos recorridos por los auxiliares en el armado de cada pedido.

El modelo entrega soluciones factibles y esperadas, ya que en cada una de las 4 situaciones analizadas le otorga las ubicaciones que implican menores distancias recorridas a los productos que más se piden, mientras que los productos de baja rotación quedan almacenados en zonas intermedias y lejanas a la entrada y salida de la bodega.

La utilización de un modelo de ubicación de inventario permite otorgar ubicaciones fijas a cada producto, lo que lleva a conocer con antelación hacia qué sector debe dirigirse el auxiliar, reduciendo en forma considerable los tiempos de búsqueda de productos. A la vez, el cálculo de ubicaciones necesarias por cada producto ayuda a considerar que siempre se cuente con el stock mínimo necesario en bodega, a fin de evitar tiempos en la búsqueda de producto adicional desde la bodega de productos terminados cuando el producto no se encuentra disponible.

Para modelar la situación actual resultó bastante útil la clasificación ABC para obtener información sobre cuáles son los productos más importantes de la empresa. La aplicación de la clasificación permite saber que el 22,7% de los productos representan casi un 80% del volumen de ventas de la empresa, y a la vez, el 80% de los viajes que se realizan en bodega están relacionados a solamente un 40% de los productos existentes.

Una de las principales limitaciones de un modelo computacional es el número de variables a considerar. La clasificación de los productos en familias, además de disminuir el número de variables a trabajar, permite determinar cuáles son los productos de cada material que más impacto tienen en relación a la distancia recorrida total de cada jornada de trabajo. El agrupamiento de las ubicaciones en zonas es otra manera útil de minimizar el número de variables.

El hecho de que el modelo planteado presente menos de 200 variables de decisión en las 4 situaciones analizadas permite que su resolución sea posible con un software simple y de fácil acceso en el día a día de la empresa como lo es Microsoft Excel. En el caso de que se consideraran como variables los cientos de productos, y cada una de las ubicaciones, sería necesario utilizar herramientas computacionales más complejas.

El trabajo permitió determinar que el espacio asignado para almacenaje de productos retornables en temporada alta es insuficiente, por lo que es necesario incorporar una capacidad de almacenaje adicional de cerca de un 17% para dicha temporada.

Como resultado de la aplicación del modelo, se concluye que al reubicar los productos de la forma propuesta se disminuiría la distancia total a recorrer en una jornada de trabajo en porcentajes de entre aproximadamente un 4% y un 21% para el sector de productos retornables, y entre un 16% y un 34% para el sector de productos desechables.

El modelo matemático de este trabajo es una propuesta y herramienta de apoyo para la toma de decisiones de la empresa, la cual puede llevarlo a cabo en los momentos que estime convenientes bajo las condiciones antes analizadas.

La aplicación del modelo entrega los resultados esperados, ya que se disminuye la distancia total recorrida esperada, lo que permite disminuir costos relativos al combustible utilizado, y disminuir los tiempos de elaboración de un pedido, aumentando la productividad.

Bibliografía

- [Ballou04] Ballou, Ronald. Logística: **Administración de la cadena de suministro**. México: Pearson Educación, 2004.
- [Bassan80] Bassan, Joseph et. al. **Internal layout design of warehouse**. Estados Unidos: AIIE Transactions, 1980.
- [Castillo13] Castillo, Ronald y Ortega Geovanny. **Optimización en el diseño de una bodega para una empresa que elabora fundas plásticas**. Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, 2013.
- [DeKoster07] De Koster, R., Le-Duc, T., and Roodbergen, K.J. **Design and control of warehouse order picking: a literature review**. European Journal of Operational Research 182(2), 481-501.
- [Francis74] Francis, L. y White, A. **Facility Layout and Location: An analytical Approach**. Estados Unidos: Prentice-Hall Inc., 1974.
- [Lambert98] Lambert, Stock y Ellram. **Fundamentals of Logistics Management**. Estados Unidos: McGraw-Hill Education, 1998.
- [Liu99] Liu CH, Lu LY. **The procedure of determining the order picking strategies in distribution center**. 1999.
- [Mulcahy94] Mulcahy, David. **Warehouse distribution and operations handbook**. Estados Unidos: McGraw-Hill Education, 1994.
- [Rouwenhorst00] Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm. **Warehouse design and control: Framework and literature review**. European Journal of Operational Research, 122:515-533. 2000.
- [Schwarz78] Schwarz, Gideo. **Estimating the dimension of a model**. Volume 6, Issue 2: 461-464. 1978.

[Tompkins06] Tompkins, White, Bozer y Tanchoco. **Planeación de Instalaciones**. México: Thomson Editores, 2006.

[Varas00] Varas, Samuel et al. **Optimización y modelos para la gestión**. Chile: Dolmen Ediciones, 2000.

[Verdugo10] Verdugo, Tomás. **Propuestas de rediseños de layouts y optimización del manejo de la bodega de carga de la empresa Coca-Cola Embonor SA, planta Talca**. Chile, Universidad de Talca, 2010.

Anexos

Anexo 1: Objetivos y funciones en departamento de distribución y logística Jefe de Distribución y Logística

Objetivo del cargo:

- Gestionar los recursos en patio (mano de obra), para preparar cargas y cargar camiones con el producto Coca-Cola.
- Gestionar la flota de camiones de distribución de manera eficiente y con calidad de servicio.

Funciones generales:

- Definir dotaciones adecuadas para la carga de trabajo de la temporada por mes.
- Supervisar que esté la dotación de personal.
- Controlar que se cumpla el rendimiento establecido por programa.
- Controlar las mermas.
- Comunicarse directamente con el proveedor cuando existan problemas de disponibilidad de camiones.
- Definir prioridades de entrega de productos a clientes.
- Resolver las demoras de entrega de productos.
- Controlar en recargues los tiempos de atención de los camiones.
- Chequear el cumplimiento del programa de carga de los camiones de distribución en planta y sucursal.
- Detectar los atrasos y proyectar los problemas y las soluciones.
- Autorizar facturas de los proveedores a la propia área.
- Generar informes de rentabilidad a los empresarios.
- Evaluar a los transportistas.
- Controlar el procedimiento de manejo de flota.
- Solicitar cotizaciones por compra de ropa de conductores y ayudantes.
- Definir proveedor por compra de ropa.
- Análisis de ruta y trabajo en Mapinfo.
- Velar por el buen desempeño del área de Patio y Distribución.
- Buscar oportunidades de mejoras y productividad del área.
- Realizar la propuesta del presupuesto anual del área.

Analista de Distribución

Objetivo del cargo:

- Análisis, gestión, y mantenimiento de indicadores del área de distribución.

Funciones generales:

- Generar, actualizar y enviar informe de cajas pendientes de liquidación.
- Generar y actualizar informe de retornos.
- Generar y realizar seguimiento a indicadores de utilización de camiones.
- Realizar informe de control de kilómetros recorridos por la flota de camiones y el control de la cantidad de ayudantes.
- Generar reportes de camiones con sistema alto volumen.
- Generar reporte de stock en piso.
- Ejecutar cálculo de configuración de flota mensual.
- Control de presupuesto de distribución y patio.
- Generar y mantener reporte de facturas mensuales.
- Seguimiento al cumplimiento de los requerimientos.
- Análisis KPI de distribución.

Coordinador de Distribución

Objetivo del cargo:

- Coordinar carga y despacho de productos en camiones, llevando el control documental que corresponda a cada situación, generando el reporte de rentabilidad, registro de pagos por servicios de transporte efectuados por tercerista y retornos de pedidos de las sucursales, dando solución a reclamos de clientes.

Funciones generales:

- Informarse de las novedades del turno anterior.
- Programación diaria de entregas.
- Revisar el informe de “disponibilidad de camiones” en sistema.
- Comunicarse con el empresario de la sucursal, y averiguar el problema con las cargas.
- Generar el reporte de rentabilidad y retornos de pedidos de las sucursales.
- Revisar el informe de reclamos de los clientes.
- Contactar al cliente para contrastar el reclamo del cliente, con tripulación del camión.
- Dar el primer cierre al reclamo.
- Llamar al empresario o conductor del cliente, para solucionar el tema.
- Contactar nuevamente al cliente para verificar la solución dada.
- Cerrar el caso en sistema.

Jefe de Patio

Objetivo del cargo:

- Asegurar la demanda comercial de productos para toda la franquicia con el menor impacto en todos los puestos asociados, participando en la elaboración del plan de producción, para satisfacer los requerimientos de la planta y otros embotelladores, a fin de evitar quiebres de stock.

Funciones generales:

- Calcular y programar las necesidades de recursos humanos, insumos y materiales, en base al presupuesto de venta.
- Realizar los ajustes presupuestarios mes a mes.
- Coordinar un eficiente plan de producción con las áreas asociadas (producción y venta).
- Participar en las reuniones semanales de planificación de la demanda comercial, donde recibe la venta proyectada y acciones promocionales y tácticas.
- Participar en la información del área de patio, donde se informa el inventario de stock de productos terminados y el stock de envases disponibles.
- Validar junto al Jefe de Producción el programa de producción diario, con una proyección de 3 días.
- Elaborar el plan anual de compra de envases y gestionar sobre el mejor uso de las inversiones.
- Recepcionar los reportes de los supervisores de turno.
- Realizar una administración eficiente sobre evolución de costos fijos mensuales, suministros, gas de grúa, mano de obra, etc. asignados al centro de costos de productos y envases.
- Gestionar por una eficiente administración del costo de transportes (fletes de acarreo a sucursales y otras plantas).
- Administrar eficientemente el costo de mano de obra directo e indirecto (agencia).
- Proporcionar el material operativo requerido para las líneas de producción.
- Generar requisiciones de materias primas, a través del sistema de módulo de pedidos (ordenes de compras).
- Generar vales de bodega, a través del sistema de módulo de pedidos.
- Reportar directamente al Gerente de Producción la gestión del área de Productos y Envases.
- Gestionar por una eficiente rotación de productos (FEFO).
- Gestionar sobre el control de inventario, a objeto de reducir el impacto en las mermas.
- Monitorear y gestionar por un eficiente proceso de carga para camiones de ruta y acarreo.
- Evaluar los indicadores de eficiencia asociados a procesos de preparación de carga.
- Optimizar el uso de bodegas.
- Controlar la eficiencia de la operación de derrames.
- Asegurar la adecuada disposición de desechos (cartones, *pallets*, film de termo contracción,

cajas plásticas y envases), a zona de RISES.

- Participar en todas las acciones necesarias para disminuir los costos operativos, de acuerdo al SGI.
- Coordinar con área de mantenimiento las tareas de mantención de grúas horquillas.

Supervisor de Patio

Objetivo del cargo:

- Supervisar los trabajos que tiene asignado en su turno dentro del patio, y los requerimientos que demanden las otras áreas de la planta, controlando el correcto uso y cuidado de los activos de la Compañía.

Funciones generales:

- Organizar el turno.
- Entregar las tareas a realizar a cada trabajador.
- Supervisión permanente de las actividades asignadas al personal de turno.
- Efectuar la charla de seguridad, o de algún trabajo específico o de una falencia en el trabajo.
- Registrar en planilla de asistencia la asistencia de los trabajadores.
- Anotar los sobre tiempos para cancelación de los bonos, y cuáles son las actividades que realiza por turno.
- Realizar un recorrido del sector de patio.
- Controlar el orden y limpieza del patio.
- Gestionar con expedición el control de entrada y salida de camiones.
- Coordinar el tema FEFO dentro de las bodegas.
- Llevar un control de la preparación de las cargas con gente interna.
- Confeccionar la preventa para preparar la carga.
- Revisar todo el papeleo administrativo, clasificar, ordenar, y chequear la carga completa.
- Supervisar el trabajo de los auxiliares de manera de asegurar que las cargas estén bien armadas y sin errores.
- Controlar entrada de rampla con productos de Santiago.
- Verificar que todos los operadores de grúa llenen los *check list* de las máquinas.
- Solicitar a mantención la reparación de las grúas horquillas.
- Recepcionar los camiones.
- Controlar el descargue de los camiones.
- Controlar la limpieza de las cajas.
- Verificar que se saquen las botellas quebradas.
- Controlar la separación de las botellas que corresponden a Coca-Cola de las que no corresponden a la planta.
- Enviar los productos a merma, si viene con filtros o líquidos.

- Realizar la digitación y ajuste, una vez a la semana, del stock que hay en la planta.
- Llevar un control interno del ordenamiento de envases.

Operador de Grúa Horquilla

Objetivo del cargo:

- Trasladar cargas de productos de bodega o línea a medios de transporte o viceversa, o dentro de las mismas instalaciones de almacenamiento, aplicando las normas de seguridad establecidas por la Compañía y definidas para el oficio.

Funciones generales:

- Equiparse con implementos de seguridad personal.
- Participar de reunión de trabajo para recepcionar tareas a ejecutar.
- Llenar grúas con gas.
- Operar grúa horquilla y trasladarse al lugar de operación asignado por jefatura.
- Realizar carguío de ramplas o camiones según requerimientos del turno.
- Ejecutar operaciones de acercamiento de productos a sectores de carga.
- Cumplir procedimientos y normas de seguridad establecidos por la empresa.
- Cumplir con tiempos de producción (estar coordinado, al ritmo de la máquina de producción).
- Efectuar inspección visual en bodega para verificar espacios físicos de almacenamiento.
- Proyectar movimientos según cantidad y volumen de los productos a almacenar.
- Coordinar con encargado de bodega procedimientos de traslado y ordenamiento en bodega.
- Ordenar y apilar de acuerdo a las características y formato del producto respetando el FEFO.
- Informarse de sector o lugar para efectuar ordenamiento de envases.
- Ordenar envases de acuerdo con las características de estos.
- Ordenar y apilar cajas según indicaciones de jefatura.
- Efectuar aseo de pisos en dependencias de patio de carguío.
- Hacer check-list del estado de la grúa e informar al supervisor de turno.
- Atender la línea de producción o de carga y descarga.
- Detectar fallas de la máquina, avisar al mecánico o llevar al taller.
- Cumplir normas de seguridad, EPP y traslados.

Auxiliar de Patio

Objetivo del cargo:

- Armar *pallets* con productos, siguiendo las indicaciones de la orden de carga y aplicando los procedimientos de seguridad que correspondan; también clasificar y ordenar envases según formato.

Funciones generales:

- Informarse del formato de envase vacío a colocar en cajas.
- Colocar los envases vacíos en las cajas.
- Dejar los envases vacíos disponibles para el operador de grúa horquilla para traslado a bodega o percha.
- Usar EPP.
- Clasificar y ordenar envases vacíos o llenos devueltos.
- Seleccionar envases llenos en buen estado.
- Colocar envases llenos en buen estado en cajas, dejándolos disponibles para una nueva carga.

Anexo 2: Clasificación Súper ABC de productos según Coca-Cola Embonor

Código	Formato	Producto	Ventas promedio (pallet/día)	% Ventas	Clase
138	Retornable	COKE X04 RP2000CC	49,105	9,73%	SuperA
191	Retornable	COKE X06 RP3000CC	34,263	6,79%	SuperA
121	Retornable	COKE X06 RP2500CC	20,726	4,11%	SuperA
132	Retornable	COKE X06 VR1000CC	19,521	3,87%	SuperA
2511	Desechable	BENE.SG X02 PE6000C	18,582	3,68%	SuperA
166	Retornable	COKE X24 VR237CC	18,405	3,65%	SuperA
154	Desechable	COKE X06 PET3000CC	14,318	2,84%	SuperA
738	Retornable	SPRITE X04 RP2000CC	12,587	2,49%	SuperA
538	Retornable	F.NAR X04 RP2000CC	11,546	2,29%	SuperA
136	Desechable	COKE X06 PET1500CC	11,458	2,27%	SuperA
128	Retornable	COKE X06 RPE1500CC	8,495	1,68%	SuperA
395	Retornable	COKE ZERO X04 RP2.0	7,832	1,55%	SuperA
720	Retornable	SPRITE X06 RP3000CC	7,599	1,51%	SuperA
141	Desechable	COKE X06 PET2000CC	7,296	1,45%	SuperA
177	Desechable	COKE X06 PET591CC	7,170	1,42%	SuperA
155	Desechable	COKE X06 PET1750CC	6,583	1,30%	A
520	Retornable	F.NAR X06 RP3000CC	6,327	1,25%	A
694	Desechable	SPR.ZEROX06 PET1500	6,076	1,20%	A
721	Retornable	SPRITE X06 RPE2500C	5,728	1,13%	A
113	Retornable	COKE X24 VR350CC	5,651	1,12%	A
766	Retornable	SPRITE X24 VRE237CC	5,478	1,09%	A
336	Desechable	COKE LIGHX06 PE1500	5,142	1,02%	A

521	Retornable	F.NAR X06 RPE2500CC	5,053	1,00%	A
2233	Desechable	VITAL CG X06 PE1600	4,918	0,97%	A
754	Desechable	SPRITE X06 PET3000CC	4,854	0,96%	A
566	Retornable	F.NAR X24 VR237CC	4,819	0,95%	A
338	Retornable	COKE LIGHX04 RP2000	4,799	0,95%	A
173	Desechable	COKE X06 PET1000CC	4,714	0,93%	A
736	Desechable	SPRITE X06 PET1500C	4,500	0,89%	A
377	Desechable	COKE ZERO X06 P1500	4,485	0,89%	A
379	Desechable	COKE ZERO X06 P3000	4,150	0,82%	A
732	Retornable	SPRITE X06 VR1000CC	4,095	0,81%	A
1307	Retornable	AND.DUR X24 VRE250C	3,896	0,77%	A
143	Desechable	COKE X06 PET2500CC	3,855	0,76%	A
354	Desechable	COKE LIGHX06 P3000C	3,779	0,75%	A
532	Retornable	F.NAR X06 VR1000CC	3,777	0,75%	A
554	Desechable	F.NAR X06 PET3000CC	3,488	0,69%	A
388	Desechable	COKE ZERO X06 PE591	3,458	0,68%	A
382	Desechable	COKE ZERO X06 P1750	3,365	0,67%	A
398	Retornable	COKE ZEROX06 RP3000	3,215	0,64%	A
536	Desechable	F.NAR X06 PET1500CC	3,198	0,63%	A
531	Desechable	FANTA X06 PET1100CC	3,128	0,62%	A
731	Desechable	SPRITE X06 PET1100C	3,058	0,61%	A
304	Desechable	COKE LIGX06 PE1750C	3,029	0,60%	A
2133	Desechable	VITAL SG X06 PE1600	2,792	0,55%	A
695	Retornable	SPR.ZEROX04 RPE2000	2,781	0,55%	A
396	Retornable	COKE ZERO X06 RP2.5	2,714	0,54%	A
4274	Desechable	F.NAZ+CX06 PE1500CC	2,706	0,54%	A
7239	Retornable	NEC.DUR X04 VR1500C	2,638	0,52%	A
277	Desechable	COKE LIGHX06 PET591	2,515	0,50%	A
713	Retornable	SPRITE X24 VR350CC	2,385	0,47%	A
391	Retornable	COKE ZERO X24 VR237	2,264	0,45%	A
728	Retornable	SPRITE X06 RP1500CC	2,187	0,43%	A
2118	Desechable	VITAL SG X12 PET600	2,186	0,43%	A
2218	Desechable	VITAL CG X12 PET600	2,158	0,43%	B
513	Retornable	F.NAR X24 VR350CCPR	2,147	0,43%	B
2144	Desechable	VITAL SG X05 LTS4BI	2,077	0,41%	B
723	Desechable	SPRITE X06 PET591CC	2,075	0,41%	B
313	Retornable	C.COLA LIX24 VR350C	2,041	0,40%	B
161	Desechable	COKE X06 LAT350CCPR	1,978	0,39%	B
392	Retornable	COKE ZERO X24 VR350	1,974	0,39%	B
321	Retornable	C.COLA LIX06 RP2500	1,931	0,38%	B
7203	Desechable	NE.DUR X06 PEBA1500	1,867	0,37%	B

528	Retornable	F.NAR X06 RP1500CC	1,867	0,37%	B
523	Desechable	F.NAR X06 PET591CC	1,822	0,36%	B
7205	Desechable	NE.DUR X06 PEBA2000	1,814	0,36%	B
743	Desechable	SPRITE X06 PET2500C	1,768	0,35%	B
2504	Desechable	BENE.CG X06 PE1500C	1,768	0,35%	B
2566	Desechable	AQUA.MAN.LIGX6 P1.5	1,720	0,34%	B
2567	Desechable	AQUA.PER.LIGX6 P1.5	1,661	0,33%	B
1401	Desechable	AN.PIN X06 PEBA1500	1,631	0,32%	B
303	Retornable	COKE LIGX06 RP3000C	1,625	0,32%	B
1643	Desechable	NOR.GA MCX06 OW 1.5	1,543	0,31%	B
690	Retornable	SPR.ZEROX24 VR350CC	1,526	0,30%	B
1501	Desechable	AN.NAR X06 PEBA1500	1,522	0,30%	B
1408	Desechable	AN.PIN X06 PEBA2000	1,475	0,29%	B
125	Desechable	COKE X06 PET2500CC	1,458	0,29%	B
4683	Desechable	POWER FZBLX06 PE600	1,414	0,28%	B
343	Desechable	C.COLA LIX06 PE2500	1,299	0,26%	B
366	Retornable	COKE LIGHX24 VRE237	1,293	0,26%	B
543	Desechable	F.NAR X06 PET2500CC	1,278	0,25%	B
2510	Desechable	BENE.CG X03 PE1500C	1,245	0,25%	B
378	Desechable	COKE ZERO X06 P2500	1,146	0,23%	B
1508	Desechable	AN.NAR X06 PEBA2000	1,135	0,22%	B
2506	Desechable	BENE.CG X06 PE2000C	1,087	0,22%	B
7213	Retornable	NEC.DUR X24 VR350CC	1,073	0,21%	B
1043	Desechable	NOR.TO MCX06 OW 1.5	1,012	0,20%	B
373	Desechable	COKE LIGHX06 PE1000	0,977	0,19%	B
361	Desechable	C.COLA LIX06 LAT350	0,970	0,19%	B
169	Desechable	COKE X06 LAPK250CC	0,961	0,19%	B
393	Retornable	COKE ZERO X06 VR1.0	0,909	0,18%	B
7103	Desechable	NE.DAM X06 PEBA1500	0,868	0,17%	B
2243	Desechable	VITAL CGX03 PPE1600	0,852	0,17%	B
561	Desechable	F.NAR X06 LAT350CC	0,792	0,16%	B
1423	Desechable	AND.PIN X06 TP200CC	0,790	0,16%	B
1641	Desechable	NOR.GA MCX06 LA 350	0,790	0,16%	B
2131	Desechable	VITAL SG X06 PET990	0,790	0,16%	B
761	Desechable	SPRITE X06 LAT350CC	0,790	0,16%	B
2568	Desechable	AQUA.UVA.LIGX6 P1.5	0,770	0,15%	B
1123	Desechable	AND.MAN X06 TP200CC	0,768	0,15%	B
150	Desechable	COKE X20 LTSBIBJARA	0,767	0,15%	B
2503	Desechable	BENE.SG X06 PE1500C	0,764	0,15%	B
381	Desechable	COKE ZERO X06 LA350	0,744	0,15%	B
7223	Desechable	NEC.DUR X06 TP200CC	0,709	0,14%	B

5141	Desechable	TAI MAN X06 PET2000	0,706	0,14%	B
1391	Desechable	AND.GE.DURX6 TP1500	0,698	0,14%	B
2505	Desechable	BENE.SG X06 PE2000C	0,683	0,14%	B
1136	Desechable	AND.MAN X06 PET1500	0,679	0,13%	B
2569	Desechable	AQUA.LIM.LIGX6 P1.5	0,661	0,13%	B
4541	Desechable	TAI LIL X06 PET2000	0,642	0,13%	B
1523	Desechable	AND.NAR X06 TP200CC	0,642	0,13%	B
7209	Retornable	NEC.DUR X15 VNR300C	0,636	0,13%	B
1591	Desechable	AND.GE.NARX6 TP1500	0,601	0,12%	B
1491	Desechable	AND.GE.PINX6 TP1500	0,599	0,12%	B
2513	Desechable	BENE X20 LTS BIB	0,577	0,11%	B
375	Desechable	COKE ZERO X06 P1000	0,577	0,11%	B
4692	Desechable	POWER FZBLX06 PE1.0	0,565	0,11%	B
548	Desechable	F.NAR X10 LTSBIBJAR	0,564	0,11%	B
525	Desechable	F.NAR X06 PET250CC	0,549	0,11%	B
1418	Retornable	AND.PIN X04 VRE1500	0,526	0,10%	C
7123	Desechable	NEC.DAM X06 TP200CC	0,503	0,10%	C
2570	Desechable	AQUA.PAP.LIGX6 P1.5	0,495	0,10%	C
2509	Desechable	BENE.CG X06 PET500C	0,492	0,10%	C
1041	Desechable	NOR.TO MCX06 LA 350	0,490	0,10%	C
769	Desechable	SPRITE X06 LAPK250C	0,486	0,10%	C
1013	Retornable	NOR.TO X24 VRE350CC	0,483	0,10%	C
369	Desechable	COKE LIX06 LAPK250C	0,466	0,09%	C
7857	Desechable	KAPO PINX24 SAC200C	0,465	0,09%	C
2241	Desechable	VITAL CG X06 PE2000	0,449	0,09%	C
2508	Desechable	BENE.SG X06 PET500C	0,441	0,09%	C
2561	Desechable	AQUA.MAN.LIGX6 P500	0,431	0,09%	C
688	Desechable	SPR.ZERO X06 PET591	0,428	0,08%	C
692	Desechable	SPR.ZEROX06 LAT350C	0,424	0,08%	C
4286	Desechable	FTA.ZERO X06 PET2.0	0,413	0,08%	C
2115	Retornable	VITAL SG X12 VNR330	0,412	0,08%	C
394	Retornable	COKE ZERO X06 RP1.5	0,408	0,08%	C
4681	Desechable	POWER NARAX06 PE600	0,400	0,08%	C
4441	Desechable	TAI PIN X06 PET2000	0,398	0,08%	C
2215	Retornable	VITAL CG X12 VNR330	0,391	0,08%	C
2562	Desechable	AQUA.PER.LIGX6 P500	0,388	0,08%	C
741	Desechable	SPRITE X06 PET2000C	0,383	0,08%	C
5273	Desechable	QUA.PIN.MCX06 OW1.5	0,383	0,08%	C
380	Desechable	COKE ZERO X06 LA250	0,379	0,07%	C
1534	Desechable	AN.NAL X06 PEBA1500	0,377	0,07%	C
4700	Desechable	POWER ROJOX06 PE600	0,376	0,07%	C

4341	Desechable	TAI NAR X06 PET2000	0,375	0,07%	C
5373	Desechable	QUA.PAP.MCX06 OW1.5	0,361	0,07%	C
341	Desechable	COKE LIGHX06 PE2000	0,355	0,07%	C
748	Desechable	SPRITE X10 LTBIBJAR	0,348	0,07%	C
5573	Desechable	QUA.FR. MCX06 OW1.5	0,337	0,07%	C
4841	Desechable	TAI PAP X06 PET2000	0,337	0,07%	C
1426	Desechable	AND.PIN X06 TP1000C	0,334	0,07%	C
1462	Desechable	AND.PIN LIGX6 P1500	0,325	0,06%	C
911	Desechable	QUA.PO LGX06 PET500	0,317	0,06%	C
1507	Retornable	AND.NAR X15 VNR300C	0,311	0,06%	C
7226	Desechable	NEC.DUR X06 TP1000C	0,310	0,06%	C
697	Desechable	SPR.ZEX05 LTSBIBJAR	0,305	0,06%	C
1407	Retornable	AND.PIN X15 VN300CB	0,302	0,06%	C
7859	Desechable	KAPO MANX24 SAC200C	0,297	0,06%	C
1526	Desechable	AND.NAR X06 TP1000C	0,293	0,06%	C
2005	Desechable	INCA KOLA X06 P1500	0,293	0,06%	C
541	Desechable	F.NAR X06 PET2000CC	0,289	0,06%	C
7855	Desechable	KAPO NARX24 SAC200C	0,288	0,06%	C
399	Desechable	COKE ZEROX06 PE2000	0,280	0,06%	C
686	Desechable	SPR.ZERO X06 PET2.0	0,279	0,06%	C
569	Desechable	F.NAR X06 LAPK250CC	0,257	0,05%	C
7861	Desechable	KAPO FRAX24 SAC200C	0,255	0,05%	C
4696	Desechable	POWER GPUNX06 PE600	0,242	0,05%	C
129	Desechable	COKE X04 PET1500CC	0,241	0,05%	C
348	Desechable	C.COLA LIX10 LTBIBJ	0,233	0,05%	C
921	Desechable	QUA.PO.ZE.X06 OW2.0	0,223	0,04%	C
1303	Desechable	AND.DUR NUTX6 TP200	0,220	0,04%	C
1362	Desechable	AND.DUR LIGX6 P1500	0,219	0,04%	C
2563	Desechable	AQUA.UVA LIGX6 P500	0,208	0,04%	C
397	Desechable	COKE ZERO X10 LTBIB	0,201	0,04%	C
2564	Desechable	AQUA.LIM.LIGX6 P500	0,193	0,04%	C
4694	Desechable	POWER NARAX06 PE1.0	0,181	0,04%	C
1500	Desechable	AND.NAR NUTX6 TP200	0,181	0,04%	C
1126	Desechable	AND.MAN X06 TP1000C	0,173	0,03%	C
5574	Desechable	QUA.FR. MCX06 OW2.0	0,172	0,03%	C
4668	Desechable	PWZERO FROZX6 PE600	0,170	0,03%	C
5274	Desechable	QUA.PIN.MCX06 OW2.0	0,166	0,03%	C
5374	Desechable	QUA.PAP.MCX06 OW2.0	0,166	0,03%	C
1660	Desechable	NOR.GA X06 LAT350CC	0,166	0,03%	C
2004	Desechable	INCA KO ZEX06 P1500	0,163	0,03%	C
1403	Desechable	AND.PIN NUTX6 TP200	0,161	0,03%	C

5336	Desechable	QUA.PAPA X06 PE1500	0,156	0,03%	C
1448	Desechable	AND.PIN X10 LTSBIB	0,149	0,03%	C
7858	Desechable	KAPO PINX05 SPA200C	0,142	0,03%	C
7109	Retornable	NEC.DAM X15 VNR300C	0,141	0,03%	C
5536	Desechable	QUA.FRAM X06 PE1500	0,136	0,03%	C
1518	Retornable	AND.NAR X04 VRE1500	0,131	0,03%	C
7860	Desechable	KAPO MANX05 SPA200C	0,129	0,03%	C
1103	Desechable	AND.MAN NUTX6 TP200	0,123	0,02%	C
2565	Desechable	AQUA.PAP.LIGX6 P500	0,120	0,02%	C
7856	Desechable	KAPO NARX05 SPA200C	0,117	0,02%	C
7862	Desechable	KAPO FRAX05 SPA200C	0,115	0,02%	C
1517	Retornable	AND.NAR X24 VRE250C	0,111	0,02%	C
1107	Retornable	AND.MAN X15 VNR300C	0,111	0,02%	C
4667	Desechable	PWZERO LILIX6 PE600	0,105	0,02%	C
1548	Desechable	AND.NAR X10 LTBIBPU	0,104	0,02%	C
4669	Desechable	PWZERO UVA X6 PE600	0,100	0,02%	C
3071	Desechable	VW REV TROPX04 P500	0,088	0,02%	C
4699	Desechable	POWER ROJOX06 PE1.0	0,084	0,02%	C
1532	Desechable	AND.NA.LX06 TP1000C	0,082	0,02%	C
920	Desechable	QUA.PO ZEX06 PE1500	0,078	0,02%	C
687	Desechable	SPR.ZERO X06 PET250	0,072	0,01%	C
4708	Desechable	PWZERO FROZX06 PE1.0	0,072	0,01%	C
4270	Desechable	F.NA ZERO X06 PE250	0,070	0,01%	C
1201	Desechable	AND.BAN NUTX6 TP200	0,066	0,01%	C
4269	Desechable	F.NA ZEX06 PET591CC	0,061	0,01%	C
2057	Desechable	FUZE TNDURX06 PE1.5	0,061	0,01%	C
3076	Desechable	VW POW FDRA04 P500	0,059	0,01%	C
3072	Desechable	VW ESS NARAX04 P500	0,058	0,01%	C
954	Desechable	QUA.PO LIX06 LAT350	0,057	0,01%	C
3075	Desechable	VW ENE CTROX04 P500	0,054	0,01%	C
2001	Desechable	INCA KOLA X06 PE500	0,051	0,01%	C
5312	Desechable	QUA.PAPA X06 PET500	0,047	0,01%	C
2052	Desechable	FUZE TNDURX06 PE400	0,046	0,01%	C
5512	Desechable	QUA.FRAM X06 PET500	0,044	0,01%	C
5212	Desechable	QUA.PIÑA X06 PET500	0,043	0,01%	C
2059	Desechable	FUZE TVLIMX06 PE1.5	0,040	0,01%	C
4272	Desechable	F.NAZ+CX06 LAT350CC	0,034	0,01%	C
1531	Retornable	AND.NAL X15 VNR300C	0,033	0,01%	C
1661	Desechable	NOR.GA ZEX06 LAT350	0,031	0,01%	C
2058	Desechable	FUZE TNLILX06 PE1.5	0,029	0,01%	C
2054	Desechable	FUZE TVLIMX06 PE400	0,026	0,01%	C

1463	Desechable	AND.PIN LIGX6 T1000	0,025	0,01%	C
3077	Desechable	GVW TRIPLEX X04 P500	0,024	0,00%	C
1676	Desechable	NOR.GA ZEX06 PE500C	0,017	0,00%	C
2053	Desechable	FUZE TNLILX06 PE400	0,016	0,00%	C
7529	Retornable	NEC.DUR.LX15 VNR300	0,015	0,00%	C
3615	Desechable	BLAK MILK X1 TP907	0,014	0,00%	C
7528	Desechable	NEC.DURLX06 TP1000C	0,012	0,00%	C
2002	Desechable	INCA KO ZEX06 PE500	0,012	0,00%	C
3613	Desechable	BLAK COFFX1 BIB600	0,010	0,00%	C
3616	Desechable	BLAK VAINIX1 TP907	0,004	0,00%	C
3614	Desechable	BLAK COCOAX1 TP907	0,002	0,00%	C
Total			504,849	100,00%	

Anexo 3: Pedidos ejemplo utilizados en diagrama de spaghetti

Retornables 1:

CÓDIGO	PRODUCTO
0166	C.COCA 237cc VIDRIO X24
0566	FANTA 237cc VIDRIO X24
1307	AND.DURAZNO X24 VRET 250 CC
0113	C.COCA 350cc VIDRIO X24
0513	FANTA 350cc VIDRIO X24
0713	SPRITE 350cc VIDRIO X24
0313	COKE LIGHT 350cc VIDRIO X24
7113	NEC DAMASCO 350cc VIDRIO X24
7213	NEC DURAZNO 350cc VIDRIO X24
0132	C.COCA 1000cc VIDRIO X06
0532	FANTA 1000cc VIDRIO X06
0732	SPRITE 1000cc VIDRIO X06
0538	FANTA 2000cc REF PET X04
0738	SPRITE 2000cc REF PET X04
0138	C.COCA 2000cc REF PET X04
0338	COKE LIGHT 2000CC REF PET X04
0121	C.COCA 2500cc REF PET X06
0191	C.COCA X06 REF PET 3000 CC
0720	SPRITE X06 R.PET 3000 CC

Desechables 1:

CÓDIGO	PRODUCTO
0177	COKE X06 PET 591 CC
0173	C.COCA 1000cc OW X06
0731	SPRITE 1100cc OW X06
0531	FANTA 1100cc OW X06
2233	VITAL CON GAS X06 PET 1.600
0743	SPRITE 2500cc OW X06
0143	C.COCA 2500cc OW X06

Retornables 2:

CÓDIGO	PRODUCTO
0166	C.COCA 237cc VIDRIO X24
0766	SPRITE 237cc VIDRIO X24
0566	FANTA 237cc VIDRIO X24
0132	C.COCA 1000cc VIDRIO X06
0532	FANTA 1000cc VIDRIO X06
0732	SPRITE 1000cc VIDRIO X06
0128	C.COCA 1500cc REF PET X06
0138	C.COCA 2000cc REF PET X04
0338	COKE LIGHT 2000CC REF PET X04
0538	FANTA 2000cc REF PET X04
0738	SPRITE 2000cc REF PET X04
0121	C.COCA 2500cc REF PET X06
0321	COKE LIGHT 2500cc REF PET X06
0521	FANTA 2500cc REF PET X06

Desechables 2:

CÓDIGO	PRODUCTO
0125	C.COCA 250cc OW X06
0525	FANTA 250cc OW X06
0177	COKE X06 PET 591 CC
2548	AQUARIUS PERA X06 PET 1500 CC
2233	VITAL CON GAS X06 PET 1.600
7843	KAPO PINA X24 SAC 252 CC
7845	KAPO FRAMBUEZA X24 SAC 252 CC
7223	NECTAR DURAZNO X06 TETRA 200CC

1423	AND PI-A 200cc TPACK X06
7226	NEC DURAZNO 1000CC TPACK X06

Retornables 3:

CÓDIGO	PRODUCTO
0138	C.COCA 2000cc REF PET X04
0538	FANTA 2000cc REF PET X04
0738	SPRITE 2000cc REF PET X04
0695	SPRITE ZERO 2000cc REF PET X04
0338	COKE LIGHT 2000CC REF PET X04
0191	C.COCA X06 REF PET 3000 CC
0720	SPRITE X06 R.PET 3000 CC
0520	FANTA NARANJA X06 R.PET 3000 CC

Desechables 3:

CÓDIGO	PRODUCTO
0177	COKE X06 PET 591 CC
2508	BENEDICTINO S/G X06 PET 500 CC
2532	AQUARIU PERA X06 PET 500 CC
0723	SPRITE X06 PET 591 CC
2218	VITAL CON GAS X12 PET 600
0136	C.COCA 1500cc OW X06
0536	FANTA 1500cc OW X06
0736	SPRITE 1500cc OW X06
2233	VITAL CON GAS X06 PET 1.600
0141	C.COCA 2000cc OW X06
0154	C.COCA 3000cc OW X06
0554	FANTA 3000cc OW X06
0754	SPRITE 3000cc OW X06

Retornables 4:

CÓDIGO	PRODUCTO
0166	C.COCA 237cc VIDRIO X24
0391	COKE ZERO X24 VRE 237 CC
0566	FANTA 237cc VIDRIO X24

Desechables 4:

CÓDIGO	PRODUCTO
7843	KAPO PINA X24 SAC 252 CC
7840	KAPO NARANJA X24 SAC 252 CC
1423	AND PI-A 200cc TPACK X06
7123	NECTAR DAMASCO X06 TETRA 200CC
7223	NECTAR DURAZNO X06 TETRA 200CC
1523	AND NARANJA 200cc TPACK X06
0161	C.COCA 350cc LATA X06
0561	F.NAR X06 LAT350CC

Retornables 5:

CÓDIGO	PRODUCTO
0132	C.COCA 1000cc VIDRIO X06
0532	FANTA 1000cc VIDRIO X06
0732	SPRITE 1000cc VIDRIO X06
0128	C.COCA 1500cc REF PET X06
0528	FANTA 1500cc REF PET X06
0728	SPRITE 1500cc REF PET X06

Desechables 5:

CÓDIGO	PRODUCTO
0743	SPRITE 2500cc OW X06
0143	C.COCA 2500cc OW X06
0543	FANTA 2500cc OW X06
0161	C.COCA 350cc LATA X06
0361	COKE LIGHT 350cc LATA X06
0381	COKE ZERO X06 LAT 350 CC
0561	F.NAR X06 LAT350CC
0761	SPRITE 350cc LATA X06

Anexo 4: Detalle de productos en cada familia

Familia 1: Productos desechables ONE WAY Clase A

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
177	COKE X06 PET591CC	60,95	102,02	7,170	12,000	2	3
136	COKE X06 PET1500CC	58,55	98,62	11,458	19,299	3	5
2233	VITAL CG X06 PE1600	54,25	108,17	4,918	9,806	2	3
154	COKE X06 PET3000CC	49,84	97,46	14,318	27,999	4	7
388	COKE ZERO X06 PE591	49,56	167,87	3,458	11,712	1	3
736	SPRITE X06 PET1500C	48,98	85,02	4,500	7,811	2	2
277	COKE LIGHX06 PET591	48,72	77,11	2,515	3,980	1	1
2218	VITAL CG X12 PET600	46,44	95,20	2,158	4,423	1	2
125	COKE X06 PET2500C	46,20	63,08	1,458	1,991	1	1
523	F.NAR X06 PET591CC	44,93	85,62	1,822	3,472	1	1
723	SPRITE X06 PET591CC	44,49	85,54	2,075	3,990	1	1
536	F.NAR X06 PET1500CC	44,42	78,99	3,198	5,687	1	2
4683	POWER FZBLX06 PE600	43,46	73,67	1,414	2,398	1	1
377	COKE ZERO X06 P1500	43,21	76,79	4,485	7,970	2	2
2133	VITAL SG X06 PE1600	42,63	79,73	2,792	5,222	1	2
336	COKE LIGHX06 PE1500	42,25	65,73	5,142	8,000	2	2
173	COKE X06 PET1000CC	42,19	25,60	4,714	2,861	2	1
7203	NE.DUR X06 PEB1500	41,62	75,94	1,867	3,407	1	1
1643	NOR.GA MCX06 OW 1.5	41,62	68,94	1,543	2,556	1	1
2118	VITAL SG X12 PET600	39,89	77,29	2,186	4,236	1	2
754	SPRITE X06 PET3000CC	38,62	91,81	4,854	11,539	2	3

525	F. NAR X06 PET250CC	37,67	52,62	0,549	0,767	1	1
1401	AN.PIN X06 PEBA1500	37,36	75,11	1,631	3,280	1	1
141	COKE X06 PET2000CC	36,48	23,35	7,296	4,671	2	2
2511	BENE.SG X02 PE6000C	35,21	39,88	18,582	21,045	5	6
1501	AN.NAR X06 PEBA1500	34,96	61,69	1,522	2,686	1	1
554	F. NAR X06 PET3000CC	32,58	72,77	3,488	7,790	1	2
694	SPR.ZEROX06 PET1500	30,59	19,52	6,076	3,878	2	1
2504	BENE.CG X06 PE1500C	28,57	45,23	1,768	2,799	1	1
143	COKE X06 PET2500CC	28,18	41,80	3,855	5,717	1	2
7205	NE.DUR X06 PEBA2000	27,01	34,34	1,814	2,307	1	1
379	COKE ZERO X06 P3000	25,41	56,07	4,150	9,156	2	3
354	COKE LIGHX06 P3000C	24,38	49,92	3,779	7,737	1	2
1408	AN.PIN X06 PEBA2000	23,58	36,89	1,475	2,307	1	1
7103	NE.DAM X06 PEBA1500	23,38	44,60	0,868	1,655	1	1
911	QUA.PO LGX06 PET500	22,52	39,17	0,317	0,551	1	1
2509	BENE.CG X06 PET500C	21,49	30,74	0,492	0,703	1	1
4681	POWER NARAX06 PE600	21,17	34,83	0,400	0,658	1	1
2131	VITAL SG X06 PET990	21,16	37,97	0,790	1,418	1	1
743	SPRITE X06 PET2500C	20,92	30,41	1,768	2,570	1	1
2566	AQUA.MAN.LIGX6 P1.5	20,61	33,89	1,720	2,828	1	1
1136	AND.MAN X06 PET1500	20,48	39,25	0,679	1,301	1	1
2567	AQUA.PER.LIGX6 P1.5	20,26	34,30	1,661	2,812	1	1
1508	AN.NAR X06 PEBA2000	20,23	30,38	1,135	1,705	1	1
373	COKE LIGHX06 PE1000	20,00	14,48	0,977	0,708	1	1
4700	POWER ROJOX06 PE600	19,99	36,58	0,376	0,689	1	1
531	FANTA X06 PET1100CC	19,82	4,57	3,128	0,722	1	1
731	SPRITE X06 PET1100C	19,45	5,12	3,058	0,805	1	1
4692	POWER FZBLX06 PE1.0	19,43	32,32	0,565	0,939	1	1
2508	BENE.SG X06 PET500C	17,77	24,73	0,441	0,614	1	1

2503	BENE.SG X06 PE1500C	17,46	28,30	0,764	1,239	1	1
4696	POWER GPUNX06 PE600	17,20	23,46	0,242	0,330	1	1

Familia 2: Productos retornables REF PET Clase A

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
138	COKE X04 RP2000CC	78,66	122,61	49,105	76,536	13	20
191	COKE X06 RP3000CC	65,67	116,07	34,263	60,558	9	16
121	COKE X06 RP2500CC	62,91	81,06	20,726	26,705	6	7
738	SPRITE X04 RP2000CC	58,61	102,19	12,587	21,947	4	6
538	F.NAR X04 RP2000CC	58,16	103,53	11,546	20,550	3	6
128	COKE X06 RPE1500CC	46,68	53,58	8,495	9,751	3	3
395	COKE ZERO X04 RP2.0	52,94	83,66	7,832	12,376	2	4
720	SPRITE X06 RP3000CC	41,16	95,17	7,599	17,568	2	5
520	F.NAR X06 RP3000CC	38,84	86,00	6,327	14,010	2	4
721	SPRITE X06 RPE2500C	43,79	67,72	5,728	8,859	2	3
521	F.NAR X06 RPE2500CC	41,20	66,80	5,053	8,192	2	3
338	COKE LIGHX04 RP2000	46,32	65,81	4,799	6,818	2	2
398	COKE ZEROX06 RP3000	30,13	59,16	3,215	6,315	1	2
695	SPR.ZEROX04 RPE2000	33,58	50,31	2,781	4,166	1	2
396	COKE ZERO X06 RP2.5	30,33	39,55	2,714	3,539	1	1
728	SPRITE X06 RP1500CC	29,99	37,39	2,187	2,726	1	1
321	C.COILA LIX06 RP2500	23,78	28,52	1,931	2,316	1	1
528	F.NAR X06 RP1500CC	29,60	46,02	1,867	2,903	1	1
303	COKE LIGX06 RP3000C	21,13	38,36	1,625	2,950	1	1

Familia 3: Productos retornables VIDRIO Clase A

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
132	COKE X06 VR1000CC	51,07	79,46	19,521	30,376	5	8
166	COKE X24 VR237CC	48,94	68,51	18,405	25,764	5	7
113	COKE X24 VR350CC	21,56	29,16	5,651	7,643	2	2
766	SPRITE X24 VRE237CC	42,63	63,82	5,478	8,201	2	3
566	F.NAR X24 VR237CC	42,20	60,34	4,819	6,891	2	2
732	SPRITE X06 VR1000CC	37,82	68,06	4,095	7,370	2	2
1307	AND.DUR X24 VRE250C	40,86	52,36	3,896	4,993	1	2
532	F.NAR X06 VR1000CC	38,00	66,99	3,777	6,659	1	2
7239	NEC.DUR X04 VR1500C	32,03	36,67	2,638	3,020	1	1
713	SPRITE X24 VR350CC	19,40	28,26	2,385	3,473	1	1
391	COKE ZERO X24 VR237	30,74	42,87	2,264	3,158	1	1
513	F.NAR X24 VR350CCPR	18,54	26,53	2,147	3,072	1	1
392	COKE ZERO X24 VR350	16,95	28,85	1,974	3,359	1	1
366	COKE LIGHX24 VRE237	21,75	26,30	1,293	1,563	1	1
7209	NEC.DUR X15 VNR300C	27,09	39,99	0,636	0,940	1	1

Familia 4: Productos desechables TETRA PACK Clase A

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
1423	AND.PIN X06 TP200CC	40,88	41,57	0,790	0,804	1	1

1123	AND.MAN X06 TP200CC	40,75	38,75	0,768	0,731	1	1
7223	NEC.DUR X06 TP200CC	41,41	44,59	0,709	0,763	1	1
1523	AND.NAR X06 TP200CC	38,30	39,44	0,642	0,661	1	1
7123	NEC.DAM X06 TP200CC	31,27	31,15	0,503	0,501	1	1
1426	AND.PIN X06 TP1000C	20,69	28,89	0,334	0,466	1	1
7226	NEC.DUR X06 TP1000C	21,72	25,78	0,310	0,368	1	1
1526	AND.NAR X06 TP1000C	17,83	24,35	0,293	0,401	1	1

Familia 5: Productos desechables LATA Clase A

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
161	COKE X06 LAT350CCPR	40,73	65,07	1,978	3,161	1	1
361	C.COLALIX06 LAT350	25,81	44,50	0,970	1,672	1	1
169	COKE X06 LAPK250CC	35,26	52,50	0,961	1,431	1	1
561	F.NAR X06 LAT350CC	25,85	43,83	0,792	1,343	1	1
761	SPRITE X06 LAT350CC	26,25	48,33	0,790	1,455	1	1
381	COKE ZERO X06 LA350	24,75	45,19	0,744	1,358	1	1
769	SPRITE X06 LAPK250C	24,94	38,33	0,486	0,747	1	1
369	COKE LIX06 LAPK250C	20,88	29,96	0,466	0,669	1	1
380	COKE ZERO X06 LA250	18,53	28,55	0,379	0,583	1	1
569	F.NAR X06 LAPK250CC	22,79	38,43	0,257	0,433	1	1

Familia 6: Productos desechables ONE WAY Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
4274	F.NA2+CX06 PE1500CC	16,15	11,34	2,706	1,900	1	1
2144	VITAL SG X05 LTS4BI	14,74	19,41	2,077	2,736	1	1
343	C.COLALIX06 PE2500	16,00	23,58	1,299	1,915	1	1
543	F.NAR X06 PET2500CC	15,94	20,65	1,278	1,656	1	1
2510	BENE.CG X03 PE1500C	10,48	9,89	1,245	1,175	1	1
378	COKE ZERO X06 P2500	15,85	24,18	1,146	1,748	1	1
2506	BENE.CG X06 PE2000C	15,50	23,31	1,087	1,634	1	1
2243	VITAL CGX03 PPE1600	11,18	11,19	0,852	0,853	1	1
2568	AQUA.UVALIGX6 P1.5	11,80	20,13	0,770	1,314	1	1
2505	BENE.SG X06 PE2000C	10,34	15,43	0,683	1,020	1	1
2569	AQUALIM.LIGX6 P1.5	11,24	19,90	0,661	1,171	1	1
375	COKE ZERO X06 P1000	13,99	11,42	0,577	0,471	1	1
2241	VITAL CG X06 PE2000	10,71	22,56	0,449	0,947	1	1
2561	AQUA.MAN.LIGX6 P500	16,81	29,39	0,431	0,753	1	1
4286	FTA.ZERO X06 PET2.0	10,32	8,54	0,413	0,341	1	1
4441	TAI PIN X06 PET2000	8,88	16,13	0,398	0,723	1	1
2562	AQUA.PER.LIGX6 P500	15,61	27,73	0,388	0,689	1	1
741	SPRITE X06 PET2000C	8,32	2,42	0,383	0,111	1	1
1534	ANNAL X06 PEBA1500	12,20	7,62	0,377	0,236	1	1
4341	TAI NAR X06 PET2000	9,71	15,65	0,375	0,604	1	1
5373	QUA.PAP.MCX06 OW1.5	8,79	8,79	0,361	0,361	1	1
5573	QUA.FR.MCX06 OW1.5	10,71	10,71	0,337	0,337	1	1
1462	AND.PIN.LIGX6 P1500	9,53	8,40	0,325	0,287	1	1

1362	AND.DUR.LIGX6 P1500	7,38	8,30	0,219	0,246	1	1
2563	AQUA.UVA.LIGX6 P500	10,11	16,86	0,208	0,347	1	1
2564	AQUA.LIM.LIGX6 P500	8,54	15,98	0,193	0,360	1	1
4694	POWER.NARAX06 PE1.0	8,21	12,21	0,181	0,270	1	1
4668	PWZERO.FROZX6 PE600	10,33	13,37	0,170	0,220	1	1
5274	QUA.PIN.MCX06 OW2.0	7,60	7,60	0,166	0,166	1	1
5374	QUA.PAP.MCX06 OW2.0	7,60	7,60	0,166	0,166	1	1
4667	PWZERO.LLIX6 PE600	6,72	9,12	0,105	0,143	1	1
3071	VW.REV.TROPX04 P500	7,06	6,06	0,088	0,075	1	1
687	SPR.ZERO X06 PET250	12,19	12,19	0,072	0,072	1	1
3076	VW.POW.FDRAX04 P500	7,00	9,03	0,059	0,076	1	1
3072	VW.ESS.NARAX04 P500	7,21	9,85	0,058	0,080	1	1
5312	QUA.PAPA X06 PET500	7,61	3,01	0,047	0,018	1	1
5212	QUA.PIÑA X06 PET500	7,03	0,88	0,043	0,005	1	1

Familia 7: Productos retornables REF PET Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
394	COKE ZERO X06 RP1.5	11,60	15,27	0,408	0,538	1	1

Familia 8: Productos retornables VIDRIO Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
313	C.COLALIX24 VR350C	16,19	24,19	2,041	3,049	1	1
690	SPR.ZEROX24 VR350CC	10,46	10,20	1,526	1,488	1	1
7213	NEC.DUR X24 VR350CC	12,53	17,17	1,073	1,471	1	1
1418	AND.PIN X04 VRE1500	11,30	18,11	0,526	0,842	1	1
2115	VITAL SG X12 VNR330	7,32	10,51	0,412	0,591	1	1
2215	VITAL CG X12 VNR330	7,74	11,11	0,391	0,562	1	1
1507	AND.NAR X15 VNR300C	14,90	21,61	0,311	0,450	1	1
1407	AND.PIN X15 VN300CB	16,51	25,68	0,302	0,469	1	1
7109	NEC.DAM X15 VNR300C	8,75	15,45	0,141	0,248	1	1
1107	AND.MAN X15 VNR300C	7,62	14,10	0,111	0,205	1	1

Familia 9: Productos desechables TETRA PACK Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
1391	AND.GE.DURX6 TP1500	13,13	14,84	0,698	0,789	1	1
1591	AND.GE.NARX6 TP1500	11,73	13,56	0,601	0,695	1	1
1491	AND.GE.PINX6 TP1500	12,18	15,60	0,599	0,768	1	1
1303	AND.DUR NUTX6 TP200	8,64	4,34	0,220	0,110	1	1
1500	AND.NAR NUTX6 TP200	7,92	4,70	0,181	0,108	1	1
1126	AND.MAN X06 TP1000C	13,25	16,97	0,173	0,222	1	1

1403	AND.PIN NUTX6 TP200	7.52	4.74	0.161	0.102	1	1
------	---------------------	------	------	-------	-------	---	---

Familia 10: Productos desechables LATA Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
1641	NOR.GA MCX06 LA 350	16.19	24.33	0.790	1.188	1	1
1041	NOR.TO MCX06 LA 350	10.11	17.34	0.490	0.840	1	1
692	SPR.ZEROX06 LAT350C	13.63	25.23	0.424	0.785	1	1

Familia 11: Productos desechables BAG IN BOX Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
150	COKE X20 LTSBIBJARA	8.80	12.95	0.767	1.129	1	1
548	F.NAR X10 LTSBIBJAR	9.52	13.79	0.564	0.817	1	1
748	SPRITE X10 LTBIBJAR	8.32	12.42	0.348	0.519	1	1

Familia 12: Productos desechables SACHETTE Clase B

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
7857	KAPO PINX24 SAC200C	8,41	14,28	0,465	0,789	1	1
7859	KAPO MANX24 SAC200C	7,30	10,61	0,297	0,432	1	1
7855	KAPO NARX24 SAC200C	6,97	11,05	0,288	0,457	1	1

Familia 13: Productos desechables ONE WAY Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
155	COKE X06 PET1750CC	4,12	4,11	6,583	6,580	2	2
382	COKE ZERO X06 P1750	3,18	0,13	3,365	0,141	1	1
304	COKE LIGX06 PE1750C	2,91	0,08	3,029	0,081	1	1
1043	NOR.TO MCGX06 OW 1.5	5,50	8,73	1,012	1,608	1	1
5141	TAI MAN X06 PET2000	2,10	0,52	0,706	0,176	1	1
4541	TAI LIL X06 PET2000	4,19	0,91	0,642	0,139	1	1
2570	AQUA.PAP.LIGX6 P1.5	4,50	2,20	0,495	0,242	1	1
688	SPR.ZERO X06 PET591	5,00	12,66	0,428	1,084	1	1
5273	QUA.PIN.MCX06 OW1.5	5,59	5,59	0,383	0,383	1	1
341	COKE LIGHX06 PE2000	2,44	2,44	0,355	0,355	1	1
4841	TAI PAP X06 PET2000	6,62	16,34	0,337	0,831	1	1
2005	INCA KOLA X06 P1500	2,31	6,09	0,293	0,772	1	1
541	F.NAR X06 PET2000CC	3,11	0,38	0,289	0,035	1	1

399	COKE ZEROX06 PE2000	1,21	1,21	0,280	0,280	1	1
686	SPR.ZERO X06 PET2.0	1,21	0,01	0,279	0,002	1	1
129	COKE X04 PET1500CC	3,39	5,83	0,241	0,414	1	1
921	QUA.PO.ZE.X06 OW2.0	4,80	4,80	0,223	0,223	1	1
5574	QUA.FR.MCX06 OW2.0	0,88	0,88	0,172	0,172	1	1
2004	INCA KO ZEX06 P1500	0,88	3,68	0,163	0,678	1	1
5336	QUA.PAPA X06 PE1500	3,02	5,04	0,156	0,260	1	1
5536	QUA.FRAM X06 PE1500	2,73	5,41	0,136	0,270	1	1
2565	AQUA.PAP.LIGX6 P500	3,36	4,61	0,120	0,164	1	1
4669	PWZERO UVA X6 PE600	5,92	6,34	0,100	0,107	1	1
4699	POWER ROJOX06 PE1.0	5,01	11,35	0,084	0,190	1	1
920	QUA.PO.ZEX06 PE1500	0,62	1,37	0,078	0,173	1	1
4708	PWZERO FROZX06 PE1.0	1,29	2,61	0,072	0,145	1	1
4270	F.NA.ZERO X06 PE250	3,38	3,38	0,070	0,070	1	1
4269	F.NA.ZEX06 PET591CC	0,95	2,81	0,061	0,181	1	1
2057	FUZE TNDURX06 PE1.5	3,17	5,51	0,061	0,106	1	1
3075	VW.ENE CTROX04 P500	5,38	5,51	0,054	0,055	1	1
2001	INCA KOLA X06 PE500	6,47	7,24	0,051	0,057	1	1
2052	FUZE TNDURX06 PE400	6,26	8,34	0,046	0,061	1	1
5512	QUA.FRAM X06 PET500	6,51	4,99	0,044	0,034	1	1
2059	FUZE TVLIMX06 PE1.5	1,81	3,73	0,040	0,082	1	1
2058	FUZE TNLILX06 PE1.5	1,70	2,03	0,029	0,035	1	1
2054	FUZE TVLIMX06 PE400	3,54	5,18	0,026	0,038	1	1
3077	GVW TRIPLEX X04 P500	3,79	3,79	0,024	0,024	1	1
1676	NOR.GA.ZEX06 PE500C	1,20	3,00	0,017	0,041	1	1
2053	FUZE TNLILX06 PE400	2,43	4,28	0,016	0,027	1	1
2002	INCA KO ZEX06 PE500	1,24	1,86	0,012	0,018	1	1

Familia 14: Productos retornables VIDRIO Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
393	COKE ZERO X06 VR1.0	5,72	9,93	0,909	1,578	1	1
1013	NOR.TO X24 VRE350CC	3,11	1,57	0,483	0,244	1	1
1518	AND.NAR X04 VRE1500	3,79	7,56	0,131	0,260	1	1
1517	AND.NAR X24 VRE250C	2,86	5,02	0,111	0,195	1	1
1531	AND.NAL X15 VNR300C	2,57	4,30	0,033	0,055	1	1
7529	NEC.DURLX15 VNR300	1,07	2,56	0,015	0,036	1	1

Familia 15: Productos desechables TETRA PACK Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
1103	AND.MAN NUTX6 TP200	5,50	2,58	0,123	0,058	1	1
1532	AND.NA.LX06 TP1000C	4,52	5,75	0,082	0,104	1	1
1201	AND.BAN NUTX6 TP200	4,41	1,92	0,066	0,029	1	1
1463	AND.PIN LIGX6 T1000	2,01	3,42	0,025	0,043	1	1
3615	BLAK MILK X1 TP907	0,62	0,62	0,014	0,014	1	1
7528	NEC.DURLX06 TP1000C	1,07	1,22	0,012	0,014	1	1
3616	BLAK VAINIX1 TP907	0,58	0,58	0,004	0,004	1	1
3614	BLAK COCOAX1 TP907	0,44	0,44	0,002	0,002	1	1

Familia 16: Productos desechables LATA Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
1660	NOR.GA X06 LAT350CC	6,18	0,33	0,166	0,009	1	1
954	QUA.PO LIX06 LAT350	5,12	10,77	0,057	0,121	1	1
4272	F.NAZ+CX06 LAT350CC	1,95	5,96	0,034	0,104	1	1
1661	NOR.GA ZEX06 LAT350	1,45	3,16	0,031	0,067	1	1

Familia 17: Productos desechables BAG IN BOX Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
2513	BENE X20 LTS BIB	3,76	5,66	0,577	0,870	1	1
697	SPR.ZEX05 LTSBIBAR	3,15	3,33	0,305	0,322	1	1
348	C.COLALIX10LTBIBJ	5,95	8,47	0,233	0,332	1	1
397	COKE ZERO X10 LT BIB	4,81	7,00	0,201	0,292	1	1
1448	AND.PIN X10 LTSBIB	4,04	6,10	0,149	0,225	1	1
1548	AND.NAR X10 LT BIPU	3,18	4,74	0,104	0,155	1	1
3613	BLAK COFFX1 BIB600	0,70	0,70	0,010	0,010	1	1

Familia 18: Productos desechables SACHETTE Clase C

Código	Producto	Viajes/día promedio	Viajes/día temporada alta	Ventas día promedio (pallet/día)	Ventas día temporada alta (pallet/día)	Ubicaciones necesarias promedio	Ubicaciones necesarias temporada alta
7861	KAPO FRAX24 SAC200C	5,59	10,29	0,255	0,470	1	1
7858	KAPO PINX05 SPA200C	2,52	2,23	0,142	0,126	1	1
7860	KAPO MANX05 SPA200C	2,16	1,95	0,129	0,116	1	1
7856	KAPO NARX05 SPA200C	2,33	1,37	0,117	0,069	1	1
7862	KAPO FRAX05 SPA200C	1,78	2,07	0,115	0,133	1	1

Anexo 5: Asignación de ubicaciones comparativas

Peor asignación caso retornables temporada baja

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1					3
Zona 2	2		1		
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5	2			1	
Zona 6	4				
Zona 7	4				
Zona 8					
Zona 9				3	
Zona 10	4				
Zona 11	4				
Zona 12	1	3			
Zona 13		4			
Zona 14					
Zona 15					
Zona 16					3
Zona 17	4				
Zona 18	4				
Zona 19		4			
Zona 20		4			
Zona 21					
Zona 22					
Zona 23					
Zona 24				3	
Zona 25	4				
Zona 26	4				
Zona 27	4				
Zona 28		4			
Zona 29					
Zona 30				3	
Zona 31	4				
Zona 32	4				
Zona 33		4			
Zona 34		4			

Asignación aleatoria caso retornables temporada alta

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1	3				
Zona 2	3				
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5	3				
Zona 6	4				
Zona 7	4				
Zona 8	3				
Zona 9	3				
Zona 10	4				
Zona 11	4				
Zona 12	4				
Zona 13	4				
Zona 14	4				
Zona 15	2				
Zona 16	3				
Zona 17	4				
Zona 18	4				
Zona 19	4				
Zona 20	4				
Zona 21	3				
Zona 22	3				
Zona 23	2				
Zona 24	3				
Zona 25	4				
Zona 26	1	3			
Zona 27		4			
Zona 28		4			
Zona 29		4			
Zona 30		2			
Zona 31		3			
Zona 32		4			
Zona 33		4			
Zona 34		4			
Zona 35		3	1	1	
Zona 36				5	
Zona 37				4	1
Zona 38					5

Peor asignación caso retornables temporada alta

	Familia 2	Familia 3	Familia 7	Familia 8	Familia 14
Zona 1	3				
Zona 2	3				
Zona 3	4				
Zona 4	4				
Zona 5	3				
Zona 6	4				
Zona 7	4				
Zona 8	3				
Zona 9	3				
Zona 10	4				
Zona 11	4				
Zona 12	3		1		
Zona 13		4			
Zona 14	1				3
Zona 15	2				
Zona 16	3				
Zona 17	4				
Zona 18	4				
Zona 19				4	
Zona 20		4			
Zona 21	3				
Zona 22					3
Zona 23	2				
Zona 24	3				
Zona 25	4				
Zona 26	4				
Zona 27	3			1	
Zona 28		4			
Zona 29	2				
Zona 30	3				
Zona 31	4				
Zona 32	4				
Zona 33				4	
Zona 34		4			
Zona 35		5			
Zona 36		4		1	
Zona 37		5			
Zona 38		5			

