

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE
COMPONENTES PARA EL ARMADO DE PROTOTIPOS AUTOMOTRÍCES
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MODELOS DE OPTIMIZACIÓN**

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

PRESENTA:

ING. MIRIAM ECHEGARAY TAPIA

TUTOR ACADÉMICO: M. EN I. GASTON VERTIZ CAMARON
TUTOR ADJUNTO 1: M. EN I. ANA MARÍA DE LEÓN ALMARAZ
TUTOR ADJUNTO 2: DR. JENARO NOSEDAL SÁNCHEZ

NOVIEMBRE 2019

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema	5
Objetivo General	5
Objetivos Particulares.....	6
Hipótesis.....	6
Alcance.....	6
Justificación.....	9
CAPÍTULO I. PROBLEMA DEL CASO DE ESTUDIO	11
1.1. Antecedentes.....	11
1.2. Problema de estudio	16
1.3. Actividades internas para la fabricación de un nuevo prototipo en la Planta Manufacturera	17
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	18
2.1. Gestión en la CS y la función de almacenamiento	18
2.2. Mapa de flujo de valor o por sus siglas en inglés (VSM) <i>Value Stream Map</i>	20
2.3. Políticas de almacenaje.....	21
2.4. Optimización	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA: PROPUESTA Y APLICACIÓN	26
3.1. Metodología para la formulación de los Modelos Matemáticos	26
3.2. Metodología para la solución del problema	28
3.3. Datos e información del Modelo I.....	29
3.3.1. Supuestos Modelo I	30
3.3.2. Modelación para maximizar el número de componentes	32
3.3.3. Supuestos Modelo II.....	37
3.3.4. Modelación para minimizar el número de charolas, para cada proyecto	38
3.4. Soluciones de los modelos.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS, INTERPRETACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CHAROLAS POR PROYECTO EN LOS ANAQUELES	42
4.1. Resultados e interpretación.....	42
4.2. Discusión e interpretación de los resultados para los 85 componentes.....	45
4.3. Porcentaje del espacio que se ocupa en el almacén.....	50
4.4. Porcentaje de espacio disponible en el almacén.....	51
4.5. Visualización de la distribución de charolas en almacén, según proyecto y en orden secuencial.....	51

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	54
Conclusiones.....	54
Recomendaciones	55
Trabajo Futuro	56
REFERENCIAS	57
ANEXO A: INFORMACIÓN DE LOS PROYECTOS.....	59
ANEXO B: FORMULACIÓN DEL MODELO I, PARA LA ASIGNACIÓN MÁXIMA DE LOS COMPONENTES EN CADA CHAROLA MEDIANTE LINDO.....	72
ANEXO C: FORMULACIÓN DEL MODELO II, PARA DETERMINAR LA MEZCLA ÓPTIMA DE CHAROLAS PARA CADA PROYECTO EMPLEANDO EL VOLUMEN MÍNIMO EN EL ALMACÉN MEDIANTE LINDO	95
ANEXO D: RESULTADOS EN LINDO DE LA EJECUCIÓN DEL MODELO I, PARA LA ASIGNACIÓN MÁXIMA DE LOS COMPONENTES EN CADA CHAROLA.....	110
ANEXO E: RESULTADOS EN LINDO DE LA EJECUCIÓN DEL MODELO II, PARA DETERMINAR LA MEZCLA ÓPTIMA DE CHAROLAS DE CADA PROYECTO EMPLEANDO EL VOLUMEN MÍNIMO EN EL ALMACÉN.	133
ANEXO F: ASIGNACIÓN DE ESPACIOS EN EL ALMACÉN UTILIZANDO UN ACOMODO	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama de Gantt de las actividades para la fabricación de un nuevo prototipo	17
Tabla 2. Dimensiones de los componentes tipo i, inmersos en los 14 proyectos.....	29
Tabla 3. Información del proyecto 1 de 14.....	31
Tabla 4. Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 1, 28, 31, 32, 50 y 66, (componentes con las mismas dimensiones) en cada charola	43
Tabla 5. Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo II, para determinar la mezcla óptima de charolas para acomodar todos los componentes del proyecto 1 empleando el volumen mínimo en el almacén.	44
Tabla 6. Solución óptima del modelo I para los 85 tipos de componentes a través del modelo de maximización	45
Tabla 7. Solución óptima del modelo II para 14 proyectos a través del modelo de minimización.....	48
Tabla 8. Dimensiones del anaquel y cantidad máxima para cada tipo de charola.	49
Tabla 9. Porcentaje de espacio que se usa en un proyecto	50
Tabla 10. Color por proyecto.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de los tipos de charolas con sus dimensiones y coordenadas	7
Figura 2. Dimensiones del anaquel.....	8
Figura 3. Layout del almacén	9
Figura 4. Proceso logístico actual de tiempos en la CS.....	12
Figura 5. Ejemplo de un proyecto prototipo del tiempo de ciclo de los eslabones de la CS desde la armadora a ella misma	14
Figura 6. VSM de los prototipos del área de Muestras	15
Figura 7. Ejemplo de las dimensiones y coordenadas del componente 1.....	29
Figura 8. Asignación de componentes orientados en la dirección m (eje x), en la dirección j (eje x) de la charola k	33
Figura 9. Asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k	34
Figura 10. Asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k	34
Figura 11. Asignación de componentes en la dirección m (eje x) en la dirección j (eje x) en la charola k	35
Figura 12. Asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k	35
Figura 13. Asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k	36
Figura 14. Codificación en LINDO del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 1, 28, 31, 32, 50 y 66 (componentes con las mismas dimensiones), en cada charola.	40
Figura 15. Ejecución del Modelo II, para la mezcla óptima de charolas para acomodar todos los componentes del proyecto 1 empleando el volumen mínimo en el almacén mediante LINDO	41
Figura 16. Acomodo Secuencial del anaquel 1 al 5.	52
Figura 17. Acomodo secuencial de los anaqueles 6 y 7.	53

GLOSARIO

Proyecto: Conjunto de actividades relacionadas entre sí que conforman el desarrollo total de un prototipo automotriz, en un periodo de tiempo determinado. Un proyecto se origina cuando un cliente requiere cierto número de muestras prototipos para su demanda.

Componente: Son elementos que forman parte de la composición final del ensamble de un prototipo automotriz.

Charola: Es una pieza de plástico con superficie lisa y bordes levantados en todo su perímetro, se utiliza para depositar o transportar cosas, para evitar que los componentes se resbalen y caigan de las mismas.

Muestra: Número total de prototipos automotrices requeridos por los clientes.

Instancia: Caso o ejemplo en donde al modelo se le asignan un conjunto de parámetros distinto en cada ocasión.

Introducción

A nivel global el entorno empresarial es más competitivo, a lo largo de los años las empresas de éxito han logrado mejorar significativamente sus procesos de manera interna y externa en toda su Cadena de Suministro (CS), ya que realizar estas mejoras les proporciona ventajas competitivas y comparativas (ofrecer mayores beneficios y tener más rentabilidad).

De acuerdo a Frohlich & Westbrook (2001) los fabricantes más exitosos son aquellos que cuidan las relaciones entre los procesos internos de la compañía y los procesos externos en su CS. La integración de la CS involucra la coordinación y el flujo actual físico de entregas entre los proveedores, fabricantes y clientes, así como el intercambio de datos electrónicos mediante las tecnologías de la información.

Respecto a los procesos internos, los flujos de materiales y en general, la gestión del almacén es un factor clave para que las empresas puedan tener éxito, si se realiza de manera correcta puede reflejarse en una mayor satisfacción por parte de los clientes.

La gestión inadecuada del flujo de materiales afecta el cumplimiento con los clientes, ya sea impidiendo la entrega oportuna de las órdenes o bien la necesidad de comprometer entregas con mucha holgura, para absorber y ocultar la alta variabilidad de los tiempos de producción, afectados por retrasos en los flujos de materiales desde el almacén hacia la línea de producción o para despachar las órdenes de producto terminado del almacén al área de embarques.

Entre los problemas más comunes del almacenamiento está la pérdida de tiempo buscando un ítem por desconocer donde se ubica, la pérdida de tiempo realizando inventarios por desconfianza del personal y del sistema, la obsolescencia y error al identificar los ítems, pero sobre todo los faltantes de productos críticos y sobre almacenamiento de otros no necesarios debido a la mala gestión.

En el presente trabajo, se analiza la problemática existente y posibles mejoras en un almacén de materia prima que contempla componentes para el armado de prototipos. El almacén es gestionado por una empresa del ramo automotriz para el acopio de componentes para la fabricación de

prototipos o muestras, por lo que la configuración de cada orden de compra o proyecto es muy variable en composición y volumen. Con el propósito de evitar paros innecesarios en la producción programada y asegurar que los tiempos de entrega se cumplan, es vital que dichos componentes, para cada orden o proyecto, se tengan completos y disponibles de manera oportuna, más allá de que los mismos estén almacenados, se requiere que éstos estén localizables y accesibles.

De acuerdo con la operación actual, se observa saturación del almacén y se tienen reportados casos de retrasos en la producción debido a faltantes de componentes, con base en lo anterior, la empresa considera que requiere hacer el uso más eficiente del espacio disponible y mejorar las condiciones de acomodo para realizar de manera más efectiva la recolección de los componentes que deben ingresar a la línea de producción.

Como resultado del análisis de las operaciones dentro del almacén, se determinaron como factores críticos:

- **Visibilidad.** Es el acomodo de los componentes en cada charola sin mezclar más de un tipo de componente por charola, para identificar de manera efectiva cada uno de acuerdo al prototipo.
- **Densidad de almacenamiento.** Se refiere al acomodo de los componentes dentro de cada charola para maximizar el uso de cada una.
- **Capacidad de almacenamiento.** Es la asignación de tipos de charola por proyecto para minimizar el número de charolas y por lo tanto minimizar el espacio o volumen requerido para cada orden en el almacén.
- **Trazabilidad.** Se trata del acomodo de las charolas de cada orden o proyecto en posiciones consecutivas de los anaqueles.

Para tal fin, se propone mediante programación lineal entera, el desarrollo y solución de dos modelos de optimización; el primer modelo busca introducir la máxima cantidad de componentes en cinco tipos de charola, empleadas para acomodar los componentes dentro del almacén, de tal modo que se maximiza la densidad de almacenamiento. El segundo modelo busca minimizar el número de charolas por cada orden de compra, a través de determinar la mezcla óptima de tipos de

charola por proyecto, de tal modo que se minimiza el volumen que ocupa el total de componentes almacenados de cada proyecto u orden de compra.

Con los resultados que se generan a través del modelo propuesto, se pueden resolver y analizar varias instancias que representan la demanda de espacio para el almacén en un horizonte determinado de tiempo, en conjunto mediante ambos modelos es posible determinar de manera precisa y optimizada la capacidad de almacenamiento requerida en función del programa de producción planeado, con base en esa información se propone el acomodo de las charolas de cada proyecto en posiciones consecutivas dentro de los anaqueles del almacén para un escenario que comprende 14 proyectos (equivalente a la demanda de producción/almacenamiento de 6 meses).

El presente trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos que a continuación se describen de manera general.

El capítulo I “*Problema del caso de estudio*”, tiene como objetivo describir las actividades que se llevan a cabo e identificar las actividades que no agregan valor en el proceso de manejo de materiales.

Seguidamente se tiene el capítulo II “*Revisión de la Literatura*”, cuyo propósito es proporcionar una visión general de la literatura referente a distribución, clasificación de materiales, asignación y optimización de espacios dentro de un almacén. Para esta revisión es necesario conocer los estudios elaborados que proponen y aplican ciertas metodologías relacionadas con el problema del caso de estudio.

Posteriormente el capítulo III titulado “*Propuesta y aplicación de la metodología para la solución del problema*”, presenta la propuesta a manera de un procedimiento para solución del caso de estudio.

En el capítulo IV “*Resultados y distribución de charolas por proyecto en los anaqueles de forma secuencial*”, se presentan, analizan y validan los resultados obtenidos, generados de la aplicación de la metodología.

Con base en la solución óptima obtenida para cada proyecto, se puede determinar el espacio requerido total (real y optimizado) para un conjunto de órdenes que representan la demanda de producción, por tanto, se proporciona el dimensionamiento del almacenamiento para una ventana de tiempo específica, las ordenes son agrupadas con los componentes necesarios para para el desarrollo de un prototipo automotriz, esto permite tener mayor control y visibilidad a través del adecuado etiquetado. El acomodo será de forma secuencial y manual, ya que, debido al espacio reducido, no hay espacio para usar un montacargas.

Finalmente se incluyen los apartados de Conclusiones y Recomendaciones, así como Trabajo Futuro y Anexos.

Planteamiento del problema

La problemática que se analiza en el presente trabajo corresponde a la gestión del acomodo de materiales en un almacén de materia prima, en dicho almacén se resguardan componentes para el armado de prototipos. El almacén es gestionado por una empresa del ramo automotriz para el acopio de los componentes que conforman una orden de trabajo completa o proyecto. Cabe mencionar que al tratarse de la producción de prototipos y no de producto de línea, la configuración de cada orden o proyecto es muy variable en composición y volumen.

Actualmente, la empresa enfrenta problemas de paros en la producción, o retraso en los tiempos de entrega; problemas que son producidos por no tener los componentes necesarios, por no tener fácilmente identificados los componentes de cada orden, etc. Más allá de que los componentes se tengan almacenados, el problema que enfrentan es mejorar la gestión del almacén para que los componentes estén localizables y accesibles, así como consolidados o agrupados para su oportuno ingreso a la producción para procesar cada orden a tiempo.

Por otra parte, como resultado de la gestión actual, el almacén se observa saturado, es decir paradójicamente el almacén está lleno, pero no se tienen la totalidad de los componentes requeridos o bien no se puede acceder a éstos de manera oportuna. De acuerdo con lo anterior, se requiere hacer el uso más eficiente del espacio disponible y mejorar las condiciones de acomodo para realizar de manera más sencilla, confiable y rápida la recolección de los componentes que deben ingresar a la línea de producción.

Objetivo General

Identificar los factores críticos en la gestión del almacenamiento en el armado de prototipos automotrices para optimizar la visibilidad, la densidad de almacenamiento, la capacidad de almacenamiento y la trazabilidad, en un almacén de componentes con proyectos programados.

Objetivos Particulares

- Analizar el área de mejora (almacén y sus procedimientos).
- Identificar las variables críticas que limitan o merman el desempeño del área de almacén.
- Proponer un modelo o modelos para la optimización de las variables críticas seleccionadas (ej. Número de charolas, número de anaqueles, espacio, tiempo, etc.).
- Definir y documentar escenarios para la validación del modelo.
- Implementar el (los) modelo(s) y obtener soluciones factibles para los escenarios definidos.
- Analizar y validar las soluciones.
- Determinar y explicar las implicaciones prácticas de las soluciones obtenidas (aplicaciones en la operación real del almacén).

Hipótesis

Mediante la identificación de variables críticas de operación y la formulación de modelos matemáticos de programación lineal para su optimización, es posible determinar condiciones de operación que mejoren la gestión actual del almacén.

Alcance

El proyecto de investigación se enfoca al análisis de la gestión de un almacén del área de muestras, definiendo como fronteras para el sistema en estudio las operaciones, recursos y procedimientos del mismo, la información, recursos y actividades de las áreas relacionadas se asumen como entradas al sistema. Respecto a los datos disponibles para el análisis de los escenarios de validación, se contempla el análisis de los componentes y la demanda de espacio para un total de 14 proyectos de prototipos automotrices (demanda de órdenes a procesar por el área de prototipos para un periodo de tiempo equivalente a 6 meses). Respecto a los recursos disponibles para el acomodo físico de los componentes en el almacén, se consideran 5 tipos de charolas (actualmente en uso por la empresa). De igual forma se considera como una restricción dura, el espacio designado para el almacenaje.

La Figura 1 muestra las dimensiones y coordenadas de los 5 tipos de charolas de plástico que se utilizan para agrupar los componentes. Las charolas sirven para agrupar y transportar los componentes automotrices de forma segura.

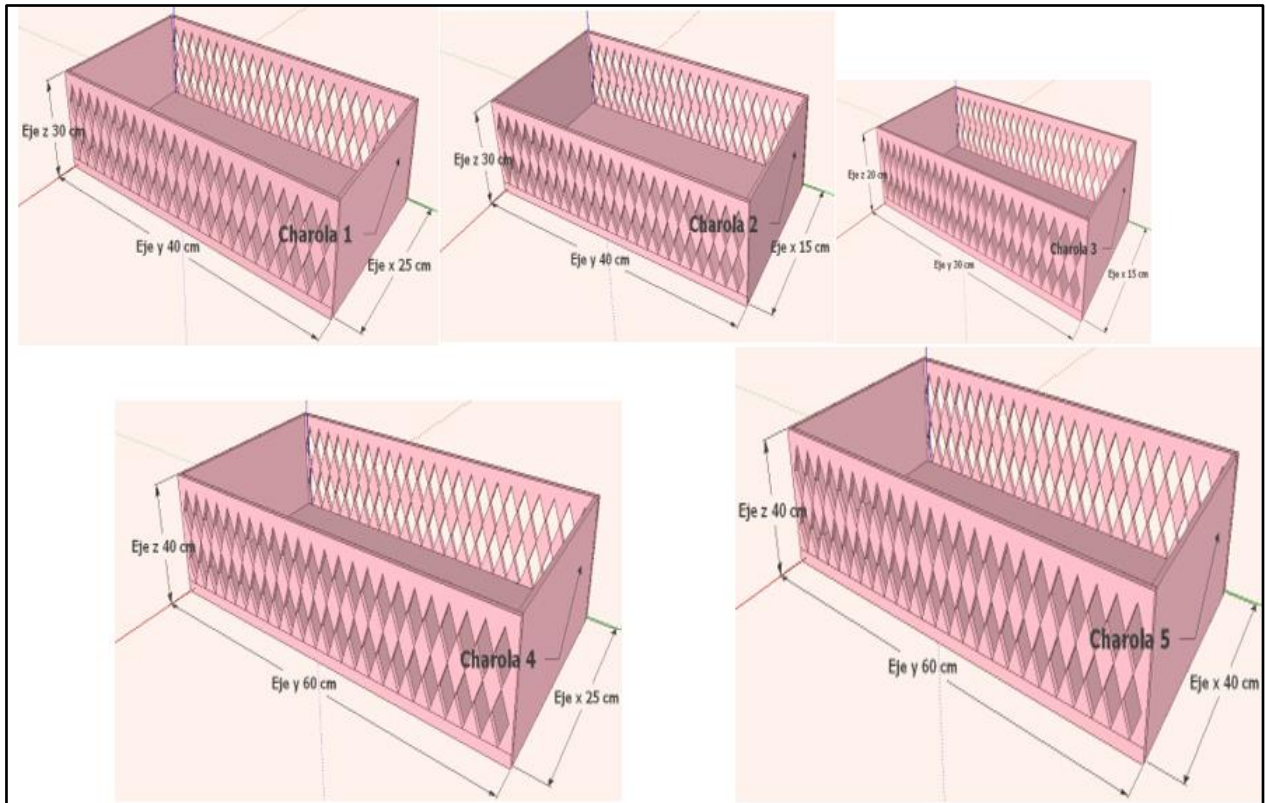


Figura 1. Ejemplo de los tipos de charolas con sus dimensiones y coordenadas

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 muestra un ejemplo del anaquel que se utiliza para almacenar las charolas por proyecto. En esta figura se puede observar el diseño del anaquel que tiene niveles con una altura de 0.60 m, divididos por un entrepaño de 0.05 m, el eje en x es de 1.20 m y la profundidad en y es de 0.60 m.

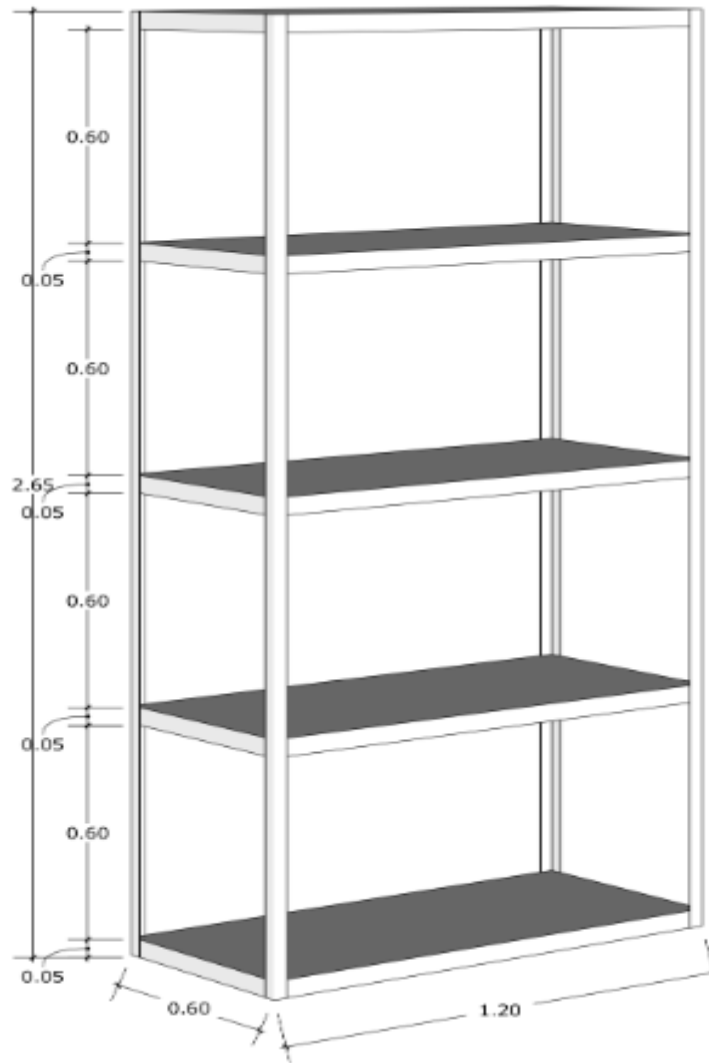


Figura 2. Dimensiones del anaquel

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se pueden observar las dimensiones del *layout* actual del almacén de muestras, el espacio destinado para asignar los 14 proyectos es de 7 anaqueles, cada anaquel está configurado con las medidas que se muestran en la Figura 2.

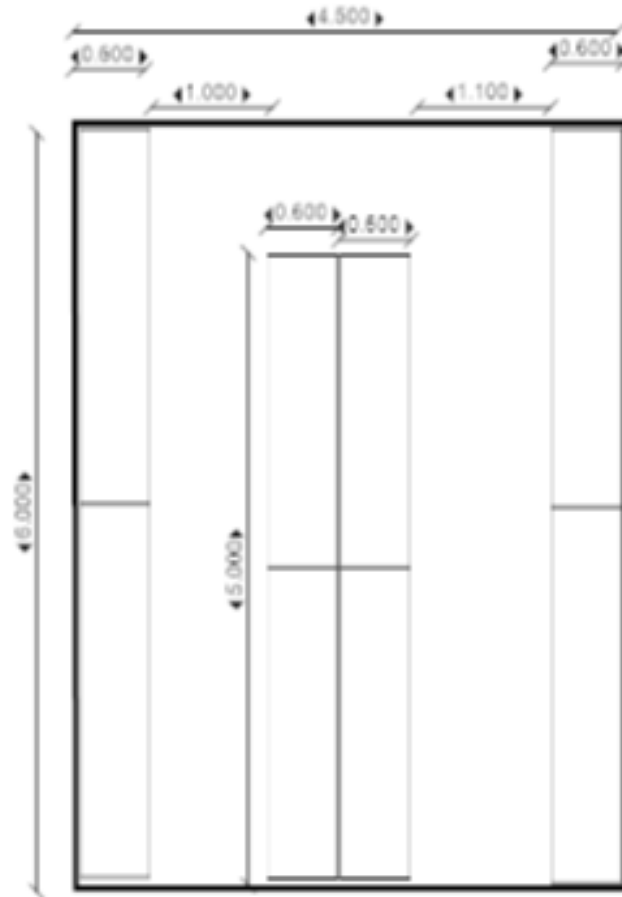


Figura 3. Layout del almacén

Fuente: Elaboración propia

Justificación

Actualmente la variación del tiempo de entrega de nuevos proyectos de prototipos automotrices en el área de muestras, es un factor que influye en el incumplimiento de los requerimientos del cliente, ya que, si se tienen grandes variaciones en el tiempo, esto se convierte en la pérdida de confiabilidad y credibilidad del cliente hacia la planta Toluca.

Algunas causas por las cuales no se cumplen los tiempos establecidos se debe a que la producción programada no se ejecuta oportunamente debido a la falta de componentes, la cual se atribuye entre otros aspectos a que actualmente no existe una gestión adecuada de los materiales en este almacén. Por lo anterior, el área realiza inventarios continuos para monitorear la existencia de componentes

que requiere cada proyecto, actividad que no agrega valor, pero agrega costos de operación en el almacén.

Con base en lo anterior, la justificación para el desarrollo de la presente investigación, se sustenta en una necesidad de la empresa para mejorar el desempeño interno con impacto directo en su capacidad de respuesta para el cliente, en cuanto a los tiempos de entrega de las órdenes de proyectos del área de muestras.

Capítulo I. Problema del caso de estudio

Esta sección, tiene como objetivo describir las actividades que se llevan a cabo e identificar las actividades que no agregan valor en el proceso de manejo de materiales.

1.1. Antecedentes

En una empresa manufacturera del ramo automotriz ubicada en la Ciudad de Toluca, se tienen diversas actividades y procesos, que deben cumplirse para poder fabricar una muestra de un prototipo; para conocer más acerca de la fábrica manufacturera, a continuación, se describen brevemente los eslabones de su CS, y la herramienta que se utilizó para poder identificar el problema de estudio.

CS proveedores-fabricante-cliente

En la Figura 4, se muestra el proceso logístico actual de los tiempos involucrados en el desarrollo de un nuevo prototipo automotriz. El modelo pretende proporcionar una visión del proceso actual y de los tiempos de entrega y actividades de los eslabones de la CS.

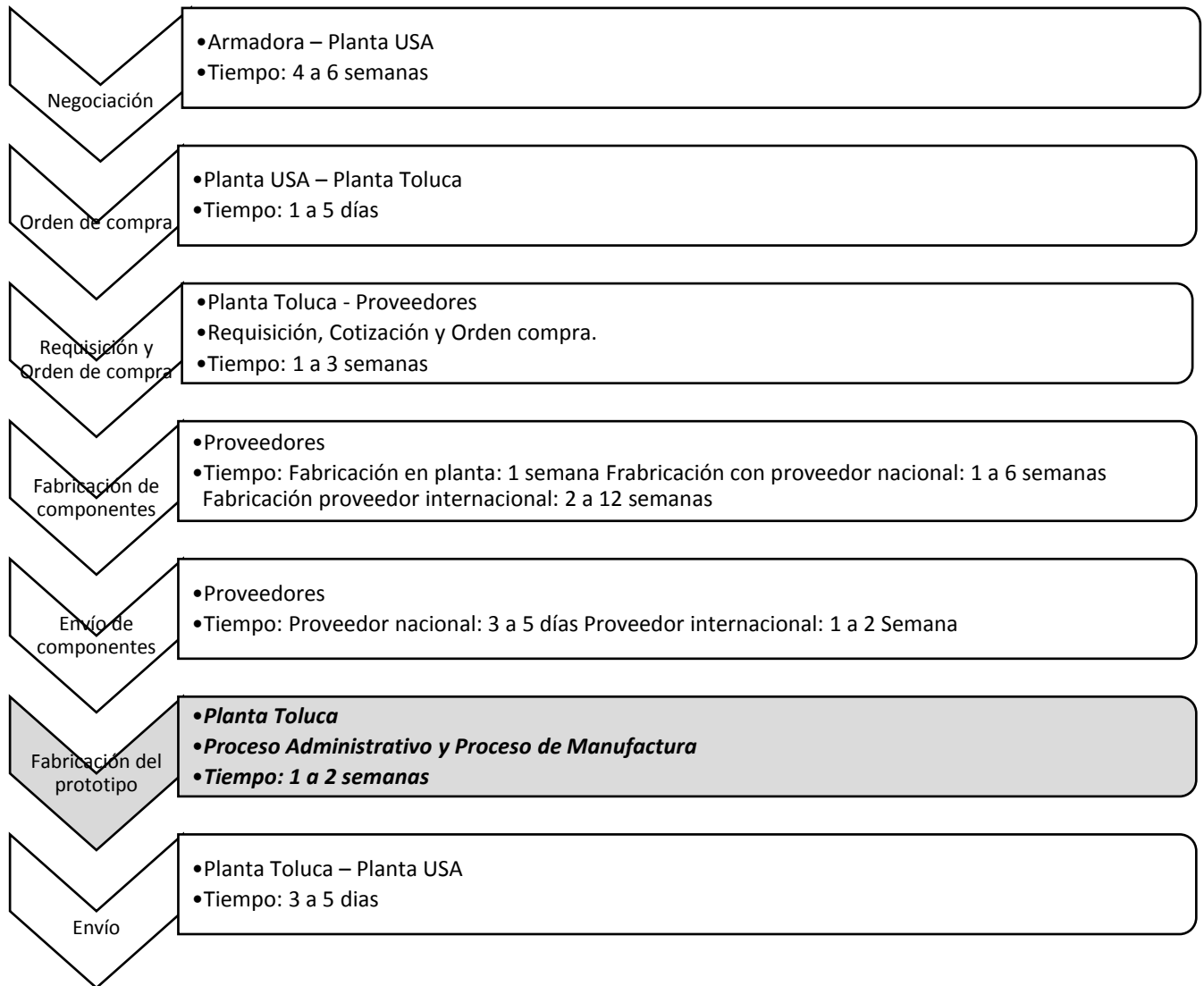


Figura 4. Proceso logístico actual de tiempos en la CS

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los eslabones de la CS

A continuación, se describen las actividades de los eslabones de la CS para la fabricación de un nuevo prototipo automotriz, iniciando con el proceso de negociación y terminando con la entrega del prototipo a la planta de Estados Unidos, quien posteriormente lo entregara al cliente.

Eslabón entre el cliente y Planta Estados Unidos, proceso de *Negociación*: El cliente y la Planta de Estados Unidos firman un contrato para que la Planta Toluca desarrolle el nuevo proyecto de acuerdo a las necesidades del cliente.

Eslabón entre planta de Estados Unidos y Planta Toluca, proceso de ***Orden de compra***: Cuando la Planta de Estados Unidos asegura el proyecto, emite la orden de compra a la Planta Toluca para el desarrollo del nuevo prototipo automotriz.

Eslabón entre Planta Toluca y Proveedores, proceso de ***Requisición y Orden de compra***: Cuando la Planta Toluca recibe la orden de compra por parte de la Planta de Estados Unidos, la Planta Toluca envía las requisiciones de los componentes requeridos a sus distintos proveedores nacionales e internacionales y cuando los proveedores reciben las requisiciones envían una cotización de los componentes al fabricante quien posteriormente emite una orden de compra a los proveedores para el suministro de los componentes.

Eslabón entre los Proveedores, proceso de ***Fabricación de componentes y envío*** a Planta Toluca: Los Proveedores reciben la Orden de Compra por parte de la Planta Toluca, los proveedores fabrican los componentes, los que son nacionales los envían vía terrestre a la Planta Toluca, y los que son internacionales los envían vía aérea.

Eslabón de la fábrica, Planta Toluca, proceso de ***Fabricación del prototipo automotriz***: Cuando llegan los componentes de un nuevo prototipo automotriz, se envían a los almacenes correspondientes en donde se tienen que acomodar, posteriormente se tienen que enviar los componentes a la línea de producción indicada, para que se realice el proceso de manufactura en donde se ensamblan los prototipos automotrices que pasan por diversas estaciones. Finalmente se realiza la inspección por parte del área de calidad para validar la conformidad del producto y se embala.

Eslabón entre Planta Toluca y Planta Estados Unidos, proceso de ***envío de componentes***: Una vez que el prototipo está embalado se realizan los trámites administrativos para enviarlo a la planta de Estados Unidos que es el encargado de entregarlo al Cliente.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo del tiempo de ciclo de los eslabones de un nuevo proyecto prototipo de su cadena de suministro, que inicia desde la armadora y termina en ella misma, en la cual se puede observar el ciclo de la CS, así como sus tiempos estimados.

Identificación del problema del caso de estudio

De acuerdo a Rother y Shook (2003), el *Value Stream Mapping* (VSM) es una herramienta esencial que se utiliza para identificar las áreas de oportunidad o de mejora en un proceso. A través del análisis de las actividades se pueden identificar cuáles agregan valor o no, así como desperdicios y desechos que entorpecen la operación, de esta manera se puede reducir el desperdicio en esfuerzo humano, inventario, tiempo de comercialización y espacio de fabricación para responder mejor a la demanda de los clientes, orientado a producir productos de calidad de la manera más eficiente y económica.

El VSM apunta a identificar y eliminar los pasos adicionales no valiosos como desechos en los procesos de desarrollo de producto para minimizar el tiempo de entrega. El rendimiento del desarrollo de productos, evalúa tres criterios clave: calidad, costo y tiempo de entrega.

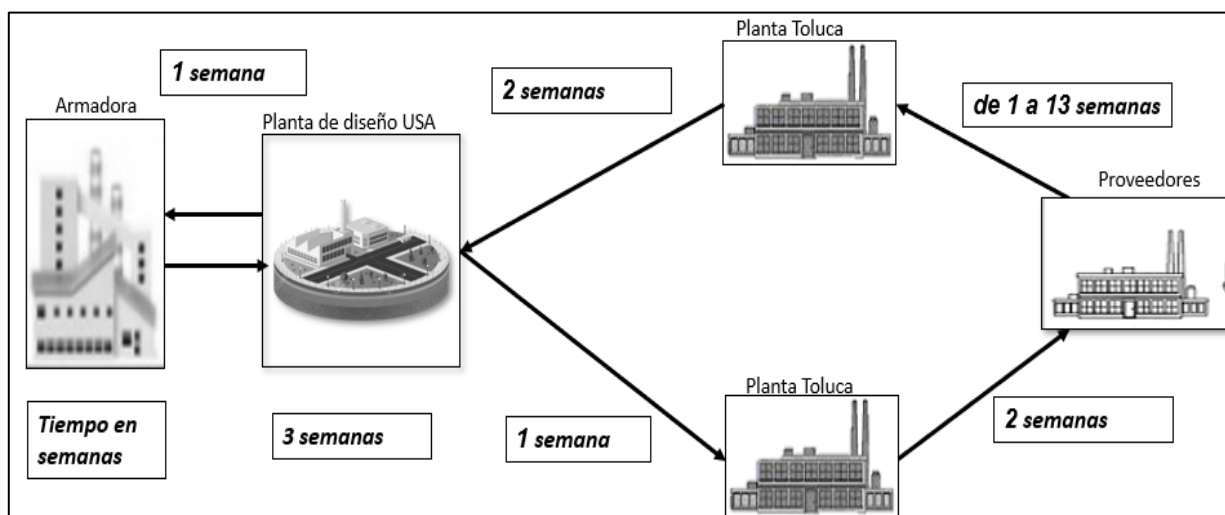


Figura 5. Ejemplo de un proyecto prototipo del tiempo de ciclo de los eslabones de la CS desde la armadora a ella misma

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 se puede observar el VSM del problema de estudio, identificando que en el área de producción se genera un *Kanban*, que indica el tiempo transcurrido en el manejo de materiales, siendo este de 7 días. Para lo cual, es necesario identificar las actividades que no agregan valor al proceso. Las siglas LTT y VNA significan LTT (Lead Time Total) y VNA (Valor no agregado).

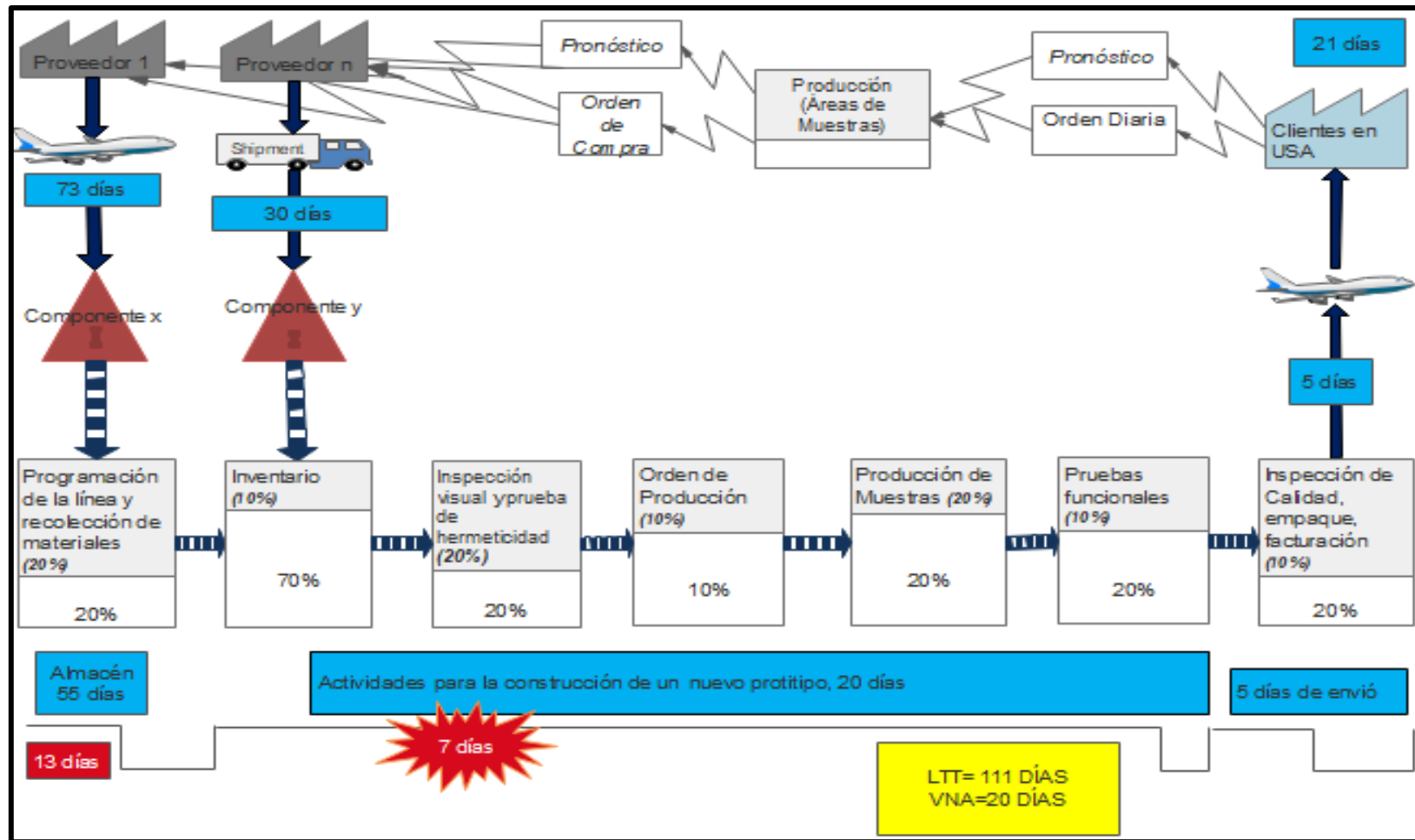


Figura 6. VSM de los prototipos del área de Muestras

Fuente: Elaboración propia

1.2. Problema de estudio

El departamento de muestras cuenta con un almacén, que es compartido con el de manufactura, el cual contiene varios componentes. Es importante mencionar que algunos de estos componentes son comunes entre las 2 áreas.

Como parte del plan de acción a partir del mes de mayo de 2018, cada vez que se elaboraba un nuevo proyecto, uno de los 2 técnicos del área de muestras realizaba diariamente el inventario de los componentes necesarios para el armado de prototipos automotrices que a su vez conforman un proyecto de un cliente, siendo estos ubicados en el almacén.

Para realizar el inventario el operador utilizaba un tiempo promedio de 9 horas diarias. Debido a que el personal del área de manufactura en ocasiones tomaba componentes del departamento de muestras, ocasionaba faltantes al momento de realizar la fabricación de algunos prototipos, por lo que en más de una ocasión se tuvo que cancelar la producción de prototipos automotrices de una orden de compra. Del mismo modo, la actividad de esta persona no agregaba valor a la operación, sino más bien consumía recursos innecesarios.

Además de las deficiencias antes mencionadas, actualmente este almacén no tiene distribución de espacios para los componentes y proyectos, consideran que es importante tener orden, pero no tienen la idea de optimizar el espacio, por lo que la recolección es ineficiente previamente a la fabricación. Del mismo modo, no hay una bitácora o una base de datos que permita descontar el material que sale del almacén por área para su reposición.

En resumen, los factores que afectan y retrasan la entrega de los prototipos al cliente son los siguientes:

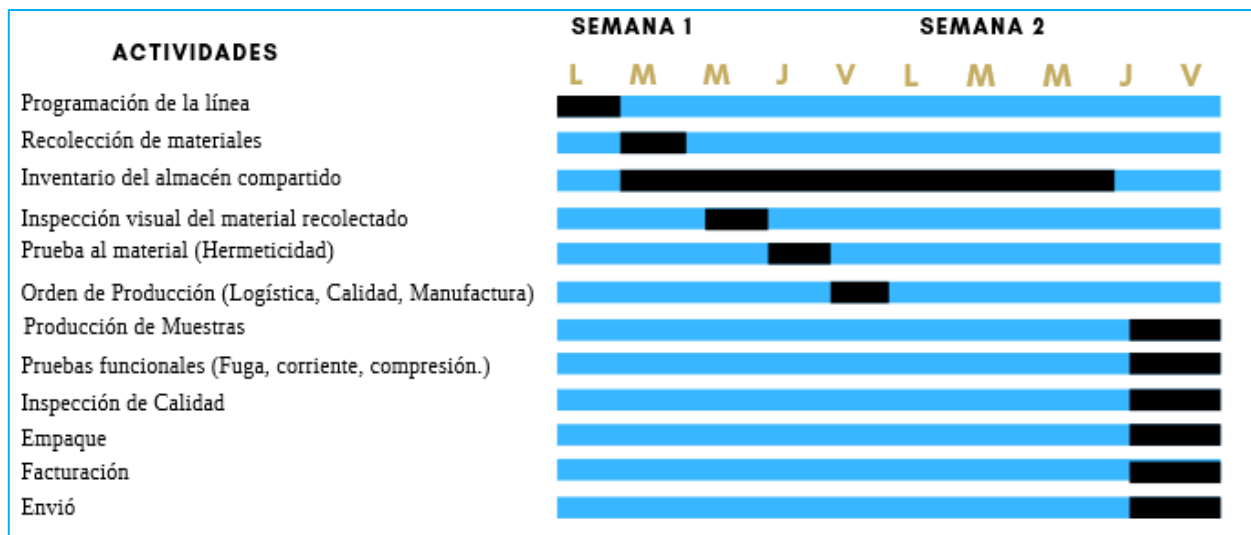
- Los dos departamentos tienen componentes comunes.
- El flujo del material tiene tiempo de entrega prolongado.
- Mal manejo del material.
- Material sin identificación.
- No existe una asignación específica para los componentes y proyectos.

Al identificar el área de oportunidad por medio del VSM, se puede observar que la actividad que genera el mayor número de días con valor no agregado, es el flujo de materiales, debido a que no hay un control en el almacén compartido entre muestras y manufactura. Posteriormente, el área de muestra realiza un inventario para la programación de un proyecto de prototipo automotriz, monitoreando la existencia de los componentes diariamente para asegurar que en la fabricación de éste no haya faltantes. Cuando llegan los componentes proporcionados por los proveedores, estos se llevan al almacén compartido, cuyo *layout* usado actualmente se presentó en la Figura 3.

1.3. Actividades internas para la fabricación de un nuevo prototipo en la Planta Manufacturera

En la Tabla 1 se muestran las actividades y sus respectivos tiempos para la fabricación de un proyecto de prototipo automotriz, cada actividad tiene un tiempo determinado, en el diagrama de Gantt, se puede visualizar que el inventario es la actividad que consume más días (7 días), afectando todas las actividades programadas.

Tabla 1. Diagrama de Gantt de las actividades para la fabricación de un nuevo prototipo



Fuente: Elaboración propia con base en la información de la empresa

De acuerdo a la problemática analizada en este capítulo, es necesario realizar una revisión de la literatura, con la finalidad de encontrar trabajos similares, o bien determinar que a la fecha no ha sido estudiada esta problemática.

Capítulo II. Revisión de la Literatura

La revisión de la literatura tiene la finalidad de identificar algunas de las investigaciones que se han desarrollado, metodologías que pudieran tratar el problema del caso de estudio, partiendo desde un enfoque general a uno particular. Dicha revisión se centra en la optimización de espacios, asignación, distribución y clasificación de materiales. **Gestión en la CS y la función de almacenamiento**

Según Ravindran y Warsing (2013) la cadena de suministro se considera como un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la adquisición de materias primas, la producción de productos intermedios y acabados, y la distribución de estos productos a clientes dentro y fuera de la cadena.

Hillier *et al.* (1993) afirman que la función del almacenamiento es garantizar que el canal de suministro cuente con el stock suficiente para satisfacer los requerimientos anticipados del cliente y actuar como amortiguador, protegiendo contra las incertidumbres en la oferta y la demanda. Del mismo modo, el almacenamiento es una función que está relacionada con la gestión física de los materiales, componentes, productos terminados y artículos de mantenimiento, reparación y operación, pues las actividades críticas se centran en almacenar de manera eficiente los materiales recibidos e inspeccionados, así como de emitir y aceptar devoluciones de materiales, mantener la precisión física del inventario y realizar inventarios físicos periódicos.

En cuanto al diseño de un proceso de desarrollo y producto óptimo (PDP) Narahari *et al.* (1999) implica minimizar el tiempo y los recursos requeridos para la entrega un nuevo producto al cliente, indicando que el tiempo del ciclo de desarrollo o el tiempo de entrega, es la métrica de desempeño más importante para la organización de desarrollo de producto (ODP).

De acuerdo a Tompkins *et al.* (2011) el diseño del sistema de distribución y del manejo de materiales es un componente importante del diseño general de una planta, pues estos dos componentes son inseparables. El manejo de materiales consiste en mover, guardar, proteger y controlar el material a través de sus procesos de fabricación, distribución, consumo y desecho. Es

importante proporcionar la cantidad del material, en el lugar preciso, la posición y la secuencia correctas, mediante el costo mínimo y los mejores métodos. La cantidad precisa se refiere al problema de cuánto inventario se necesita. También mencionan que los dos errores más frecuentes al surtir pedidos (*order picking*) en forma manual son surtir una cantidad incorrecta y tomar el material erróneo.

Además, la condición adecuada de entrega del material, es el estado en el cual el cliente pretende recibirlo, empacado o desempacado. Los artículos deben entregarse sin daños y la orientación correcta significa colocar el material para facilitar su manejo. El posicionamiento de los materiales es fundamental en los sistemas automatizados, como en las operaciones de manejo mediante un robot, en donde la orientación de los racks y su altura es una variable importante para evaluar dicho posicionamiento. También mencionan que la planificación de plantas es un elemento fundamental y difícil, para la determinación de la cantidad de espacio requerido.

Por su parte Rider (2013) en su estudio "*Robust Storage Assignment In 3D Warehouses*" menciona que en un almacén hay varios elementos de la programación, como analizar si los productos deben ser apilados en un pallet, o debe evaluarse la asignación de almacenamiento de cada pallet y se deben considerar la secuenciación de las solicitudes de almacenamiento y recuperación, por lo que con un proceso de programación óptimo se logra cuando los elementos están integrados en un modelo.

De acuerdo a los elementos mencionados el modelo óptimo tiene la capacidad de manejar varios escenarios, por ejemplo, como cuando la oferta es incierta y la demanda es variable. Cabe señalar que a través del tiempo se ha buscado optimizar cada uno de los eslabones de la cadena de suministro. El riesgo de una mala gestión entre los componentes en la CS puede generar mayores costos, generalmente centrados en el flujo de materiales y en el almacenamiento. Cuando la administración es adecuada la programación es óptima y la reducción de costos es significativa.

2.2. Mapa de flujo de valor o por sus siglas en inglés (VSM) *Value Stream Map*

Boonthonsatit & Jungthawan (2015) explican que la gestión de *Lean Manufacturing* LM, es parte de la gestión de cadena de suministro esbelta o por sus siglas en inglés *Lean Supply Chain Management* (LSCM).

El objetivo de la fabricación esbelta es reducir el desperdicio en esfuerzo humano, inventario, tiempo de comercialización y espacio de fabricación para que responda mejor a la demanda de los clientes y produzca productos de calidad de la manera más eficiente y económica. Uno de los métodos de LSCM es el VSM, el cual se utiliza para mapear el estado actual de una CS para identificar los ciclos de tiempo entre procesos y las actividades que no agregan valor, y de esta forma generar el mapa de estado futuro de cierta CS. De acuerdo a este estudio al aplicar el VSM, una de las ventajas es entregar en menor tiempo un producto y generar un costo menor y por ende tener un negocio más rentable y competitivo.

Por su parte Seth & Gupta (2005) mencionan que el proceso de mapear el material y la información de los flujos de todos los componentes y subconjuntos en una corriente de valor que incluye fabricación, proveedores y distribución con el cliente, es conocido como VSM. En años recientes, ha aumentado el interés por conocer las operaciones y la reducción del tiempo de ciclo para mejorar el rendimiento en toda la red empresarial.

Después de la racionalización de sus procesos internos, las empresas están explorando la optimización de las relaciones con sus socios de negocios. Cuando se integran las estrategias de manera interorganizacional a nivel global en la CS, se puede tener un alcance con los clientes para saber qué es lo que necesitan para satisfacer sus necesidades; a nivel de la producción se tiene mayor colaboración con los proveedores la capacidad de tecnología de fabricación avanzada con la intención de dar una respuesta rápida a nuestro mercado.

En el presente trabajo, se emplea VSM como técnica para el análisis y detección de áreas de oportunidad en el área para determinar mediante un análisis el problema de estudio.

2.3. Políticas de almacenaje

Tal como se indicó anteriormente, la integración de procesos internos, los flujos de materiales y en general la gestión efectiva del almacén es un factor clave para que las empresas puedan tener éxito, si se realiza de manera correcta además de generar eficiencias operativas y reducción de costos, puede reflejarse en una mayor satisfacción por parte de los clientes.

De acuerdo a Bahrami *et al.* (2019) consideran importante la implementación de estrategias de asignación de almacenamiento efectivas que proporcionen el material necesario, en el momento adecuado, para mantener la capacidad de respuesta del almacén. En cambio, Accorsi *et al.* (2012) afirman que, para reducir el tiempo de respuesta, los costos logísticos y mejorar el nivel de servicio en la CS, es importante mejorar la eficiencia en la recolección de ítems. Los autores presentan un sistema jerárquico que permite la asignación de almacenamiento de los ítems a través del cálculo correcto del nivel de inventario, ubicando los ítems en las posiciones más convenientes. El procedimiento de diseño y gestión del sistema se integra por la disposición y configuración, asignación, simulación y análisis del almacenamiento. El sistema reduce el número de reabastecimiento, así como sus costos.

La gestión inadecuada del flujo de materiales afecta el cumplimiento con los clientes, ya sea impidiendo la entrega oportuna de las órdenes o bien la necesidad de comprometer entregas con mucha holgura para absorber y ocultar la alta variabilidad de los tiempos de producción, afectados por retrasos en los flujos de materiales desde el almacén hacia la línea de producción o para despachar las órdenes de producto terminado del almacén al área de embarques.

Respecto a la definición de políticas de almacenamiento, Heragu (2016) argumenta que existen cinco políticas principales para el almacenamiento que se utilizan en artículos entrantes a un inventario. La política más simple, es la llamada “*almacenamiento aleatorio*”, que consiste en almacenar un artículo entrante en cualquier ubicación disponible. En caso de que haya más de una ubicación disponible para el almacenamiento, el elemento entrante tiene la misma probabilidad de ser asignado a cualquiera de las ubicaciones disponibles. Sin embargo, en la práctica se asigna al espacio disponible más cercano de la salida, con la finalidad de disminuir el tiempo de recolección. La segunda es la directiva dedicada para asignar los ítems a ubicaciones específicas. La tercera

política, es el índice de cubo por pedido (COI), indica la relación entre el requisito de espacio de almacenamiento de un ítem y el número de transacciones para ese elemento. La cuarta política, almacenamiento basada en clases, se basa en efecto Pareto, su clasificación se divide en función a la Clasificación ABC. La quinta política es el almacenamiento dedicado, en el cual el almacenamiento compartido corresponde a una relación de extremos entre el almacenamiento aleatorio y el almacenamiento dedicado. De acuerdo al análisis del problema en estudio, en el presente trabajo, ninguna de las políticas básicas arriba mencionadas aplica de manera directa para mejorar la gestión del almacén.

El presente trabajo se orienta más a un enfoque de asignación de ubicación del almacenamiento (SLAP, por sus siglas en inglés), pero considerando una fase previa de optimización del acomodo de las piezas, similar a un problema de empaque (*bin packing problem*, BPP) o problema de carga de contenedor único (*single container loading problem*, SCLP) considerando un solo tipo de producto, y también la solución previa de un problema de asignación para determinar la mezcla óptima de charolas a emplear, similar al *multi-pallet loading problem* (MPLP).

En relación al SLAP, en el trabajo realizado por Reyes *et al.* (2019), se considera una revisión sistemática de la literatura relacionada con el problema y definen el SLAP, como un problema que incluye la asignación de productos en un espacio de almacenamiento y la optimización de los costos de manejo de materiales o la utilización del espacio de almacenamiento. Respecto a las técnicas empleadas para la solución del SLAP, en el referido trabajo, se reporta el uso intensivo de técnicas de programación matemática (casi un tercio de los trabajos publicados).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se eligió hacer uso de programación lineal entera para analizar y proponer una solución a la problemática expuesta (BPP y MPLP), de tal modo que se hace uso de métodos eficientes y eficaces, validados en la literatura para la resolución de estos problemas. No obstante, que la aportación principal que se busca es proporcionar una solución al SLAP, complementariamente se propone abordar el problema de dimensionamiento del espacio requerido para un conjunto de órdenes programadas, por tanto, se busca también aportar y extender los trabajos disponibles al respecto, ya que las soluciones obtenidas permiten determinar el espacio de almacenamiento requerido para un volumen de demanda (optimizado bajo ciertos supuestos establecidos como reglas para la política de almacenamiento).

2.4. Optimización

La optimización ayuda a tomar una decisión de forma eficiente a través de técnicas de modelación matemática en problemas de asignación, planificación, entre otros. Hay diferentes modelos, por ejemplo, Bollapragada *et al.* (2006), presentan una metodología de modelación estocástica en el proceso de requisición con los proveedores, las características que incluyen son: 1) Incertidumbre de la oferta y la demanda, en donde los parámetros de oferta y demanda son dinámicos y tienen tendencia de variación en el tiempo; 2) Modelos de reposición de inventario; 3) Entrega del proveedor con base a la capacidad de suministro y los pedidos y 4) Normas e inventarios compartidos, considerando la disponibilidad de la capacidad y el servicio y la satisfacción hacia el cliente. El modelo determina los pedidos de reposición de componentes solicitados a los proveedores y la acción de recurso en el inventario de componentes disponibles para el producto final, tomando en cuenta las demandas más importantes de los clientes. De acuerdo al estudio realizado, la incertidumbre que se genera en manufactura afecta el plan de producción y se clasifica en incertidumbre de la demanda, incertidumbre de los procesos de abastecimiento externos e incertidumbre en el proceso de suministro interno.

En Martello y Vigo (1998) los autores propusieron una solución exacta del problema del empaque de contenedores finitos bidimensionales, en donde dado un conjunto de piezas rectangulares que se tienen que cortar a partir de un número limitado de piezas de inventario estandarizadas, se tiene que determinar el número mínimo de piezas de inventario que proporcionan todas las piezas; aquí se usa el algoritmo de ramificar y acotar para encontrar la solución exacta a este problema.

En el trabajo de Bortfeldt (2006) se propuso una solución para el problema del empaque de tiras bidimensionales, en donde dado un conjunto de piezas rectangulares y un contenedor de ancho fijo y longitud variable, se tienen que colocar todas las piezas en forma ortogonal dentro del contenedor, sin superposición y cuya finalidad es la de minimizar la longitud total del diseño; mediante un algoritmo genético.

En Lodi *et al.* (2002) se hizo una revisión de la literatura relacionado al problema del empaque bidimensional, en el que requiere asignar un conjunto de elementos rectangulares a unidades

estandarizadas rectangulares más grandes para minimizar el desperdicio. Para tal efecto, mencionan los modelos matemáticos y estudian los límites inferiores, los algoritmos de aproximación clásicos, los métodos heurísticos y metaheurísticos de su momento, así como los enfoques enumerativos exactos.

Asimismo, Kenmochi *et al.* (2008), propusieron algoritmos exactos para el problema de empaque de tiras bidimensionales (2SP) con y sin rotaciones de 90 grados. Ahí se enfocan en el empaque perfecto (PP), siendo un caso especial de 2SP, en donde todos los rectángulos dados deben empaquetarse sin desperdiciar espacio, en el que se diseña un algoritmo de ramificación y acotamiento. Posteriormente proponen varios métodos que aplican algoritmos PP hasta 2SP, logrando resolver de forma eficiente instancias de hasta 500 rectángulos para el PP y de hasta 200 rectángulos para 2SP.

También hay problemas de clase NP-Hard, donde Da Silva *et al.* (2012) los autores resuelven un problema de asignación de espacio dinámico contemplando un número de periodos consecutivos con ciertas actividades del proyecto; utiliza técnicas heurísticas como la búsqueda tabú para encontrar la solución óptima, busca asignar los recursos a los espacios para minimizar los costos de reasignación en los plazos del proyecto y se encontró que de acuerdo a los algoritmos aplicados el modelo híbrido fue capaz de producir mejores soluciones a menores costos.

Chen *et al.* (2010) afirma que la programación entera mixta es un problema de optimización en el cual las variables son enteras, así como continuas, en donde la función objetivo y todas las restricciones son lineales. La programación entera mixta o por sus siglas en inglés MIP (*Mixed integer programming*) es usada en problemas cotidianos que contemplan variables de decisión enteras y continuas. También señalan que la MIP está dividida en variables continuas y enteras, la función objetivo es una sumatoria de varias funciones, cada una de las cuales contiene una sola variable y cada función de restricción es la suma de varias funciones de variables individuales. La MIP comprende diferentes supuestos como la divisibilidad, integralidad, certeza, proporcionalidad, aditividad y separabilidad, un solo objetivo y simultaneidad.

Para el desarrollo de los modelos se utiliza la metodología de Martínez *et al.* (2014), quienes definen la programación lineal como una metodología que se utiliza en la solución de problemas, en los cuales se desea maximizar o minimizar una función lineal de una o más variables, llamada función objetivo, que se encuentra sujeta a ciertas limitaciones (restricciones), que se pueden representar como desigualdades o igualdades de funciones lineales de las variables.

La revisión de la literatura que se presentó, se basó en la producción en línea de productos, debido a que no se encontró información relacionada al desarrollo de muestras prototipos para el ámbito de las autopartes. Sin embargo, se tomaron algunas ideas de la literatura enfocadas a políticas de almacenaje para la distribución de componentes y optimización de espacios. Los artículos revisados se centran en estudios donde la fabricación tiene una programación de la producción cíclica y conocida.

Con base a la información revisada de la literatura, se tomaron como base algunas ideas implementadas en diversos estudios sobre políticas de almacenaje y optimización para dar solución al problema de estudio estableciendo una metodología propia.

Capítulo III. Metodología para la solución del problema: Propuesta y aplicación

Para dar solución a la problemática descrita en las secciones anteriores, se buscará hacer un uso más eficiente y ordenado de las posiciones en el almacén; para tal fin se propone aumentar la densidad de almacenamiento dentro de cada charola, por lo que se desarrollará un modelo (que denominaremos modelo I) para maximizar el número de componentes en cada tamaño de charola, y, complementariamente se propone minimizar el espacio requerido para colocar los componentes de cada proyecto, por lo que se desarrollará un modelo (que denominaremos modelo II) que minimizará el número de charolas por cada proyecto de componentes automotrices. Combinando los resultados de ambos modelos, se buscará mejorar el aprovechamiento del espacio disponible, respetando la asignación de las charolas de cada proyecto en posiciones contiguas y colocando un solo tipo de componente por charola, facilitando la visibilidad y trazabilidad de los componentes de cada orden.

3.1. Metodología para la formulación de los Modelos Matemáticos

De acuerdo a la metodología de Martínez *et al.* (2014), la modelación en programación lineal es considerada como el arte de construir el modelo matemático que representa al problema de optimización.

Pasos para modelar:

Paso 1: Definir el objetivo único. Con base en la descripción del problema, se tiene que identificar cuál es el objetivo único que se persigue en dicho problema.

Paso 2: Definir las variables de decisión. Considerando el paso anterior, se puede adoptar el criterio de que si el objetivo único es: (1) Maximizar, entonces denotamos a las variables como x_j , (2) Minimizar, las variables se representan con y_j .

Las variables de decisión describen las cantidades que a los tomadores de decisiones les gustaría determinar, como las incógnitas del modelo de programación matemático. Por lo general, se determinan sus valores óptimos con un método de optimización. En un modelo general, las variables de decisión reciben designaciones algebraicas como $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$. El número de variables de decisión es n , y x_j nombre de la variable j -ésima. En una situación específica, a menudo es conveniente usar otros nombres como X_{ij} o y_k o $z(i, j)$.

Paso 3: Definir la función lineal a optimizar. Basándose en los dos pasos anteriores, se puede determinar la función lineal a optimizar, como objetivo único. Es decir:

$$\text{Max } z = f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad 3.1$$

$$\text{Min } w = f(y) = \sum_{j=1}^n c_j y_j \quad 3.2$$

La ecuación 3.1 muestra una función a maximizar.

La ecuación 3.2 muestra una función a minimizar.

Paso 4: Determinar el conjunto de restricciones lineales funcionales. Este conjunto de restricciones, se determinan con base en el conjunto de limitaciones, que pueden ser de: (1) recursos, (2) políticas empresariales, (3) demanda, etc. Una restricción es una desigualdad o igualdad que definen limitaciones en los recursos. En general, se dice que un modelo de programación lineal tiene m restricciones lineales que pueden expresarse como:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i, \text{ for } i = 1 \dots m \quad 3.3$$

Se debe elegir una de las tres relaciones que se muestran entre paréntesis grandes para cada restricción. El número se llama "coeficiente tecnológico" y el número se llama valor "del lado derecho" de la restricción i -ésima. Las desigualdades estrictas ($<$, $>$ y) no están permitidas. Al

formular un modelo, es una buena práctica asignar un nombre a cada restricción que refleje su propósito.

Paso 5: Variables de no negatividad (restricciones de estado). Son aquellas que plantean, que el valor de las variables decisión, no pueden caer en el rango de los números negativos; es decir tiene que ser ≥ 0 .

3.2. Metodología para la solución del problema

Para establecer una metodología para dar solución al problema del caso de estudio, se propone:

- Supuestos y datos para la formulación del modelo I.
- Maximizar el número de componentes que caben en una charola (modelo I).
- Supuestos y datos para la formulación del modelo II.
- Minimizar el número de charolas por proyecto de una muestra prototipo de componentes automotrices (modelo II).

La metodología que se aplica para solucionar el problema, se resume en 3 pasos: Paso 1 Aplicación del Modelo I de programación lineal entera; paso 2, Aplicación del Modelo II de programación lineal entera y paso 3, asignación de charolas en los anaqueles.

La aplicación del Modelo I, consiste en determinar el acomodo óptimo de cada de componente (85 componentes) en cada tipo de charola (5 charolas), tiene como objetivo maximizar el número de componentes, por charola.

En la aplicación del Modelo II, se utilizan como entradas los valores optimizados obtenidos en el paso anterior, y se determina el número de mínimo de charolas por cada tipo, para almacenar todos los componentes de un proyecto (14 proyectos). Para la asignación de componentes en charolas, y charolas por proyecto, es posible realizar un acomodo de forma secuencial (charolas de cada proyecto en posiciones consecutivas) la cual se explica en el capítulo 4.

3.3. Datos e información del Modelo I

Para realizar la formulación del Modelo I, fue necesario conocer y recolectar información, por lo que se tuvieron que hacer diferentes reuniones con el jefe de departamento del área de muestras de prototipos automotrices. Además se requirió investigar el proceso de fabricación de dichos prototipos, para identificar el tiempo que está inmerso en el flujo de materiales como se muestra en la Tabla 1. En la Tabla 2 se concentra un ejemplo de las dimensiones de 3 componentes inmersos en los 14 proyectos; para visualizar las dimensiones de los componentes faltantes, ver Anexo A1.

Tabla 2. Dimensiones de los componentes tipo i, inmersos en los 14 proyectos

# C.I. (i)	DIMENSIONES (en cm)		
	ANCHO (X)	LARGO (Y)	ALTO (Z)
1	15.2	5.44	15.2
2	21	2	4.1
3	16	0.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7 se muestra el ejemplo de las dimensiones y coordenadas del componente 1 se asume que para efectos de formular el Modelo I, cada componente, se idealiza en forma de prisma.

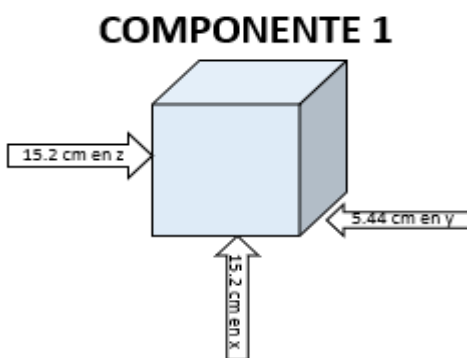


Figura 7. Ejemplo de las dimensiones y coordenadas del componente 1

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 presenta la información general del proyecto y en ella se concentra el número de muestras y el número de componentes por proyecto, la fecha de construcción, la cantidad de unidades por componente, la capacidad óptima de componentes por charolas y sus respectivas restricciones Ver Anexo A2 al Anexo A12.

Cabe señalar que cada una de las restricciones se formulan con base en la información de la capacidad de componentes en cada tipo de charola (de la 1 a la 5), siendo estos los coeficientes de las variables de decisión y cada una de ellas denotan, el número del componente para el primer subíndice de la variable y para el segundo subíndice, denota el número de charola. Cada lado derecho representa el número total de muestras de órdenes de compra para el proyecto 1. Ver Anexo A2 al Anexo A12.

3.3.1. Supuestos Modelo I

Antes de llevar a cabo la formulación de los modelos matemáticos, se consideraron algunos supuestos como las características de los materiales utilizados para el almacenamiento y la heterogeneidad de los componentes, siendo:

- A. No obstante, la heterogeneidad geométrica de los componentes, todos se pueden representar mediante un prisma con las dimensiones máximas de cada uno de sus ejes (x, y, z).
- B. Se pueden estibar tantas camas como sea posible en cada charola sin que exista una restricción más allá de la altura máxima de la pila de componentes y la profundidad vertical de cada tipo de charola.
- C. Para facilitar la recolección (*picking*) y no mezclar componentes, no se considera el acomodo de componentes de distintos tipos dentro de la misma charola, no obstante que el prisma equivalente de ambos sea de las mismas dimensiones.

Tabla 3. Información del proyecto 1 de 14

No. de muestras:	100
No. de componentes:	28
Fecha de construcción:	29/10/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Restricciones
C.I.	Qty						
1	1	9	8	6	14	15	9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 100
2	1	28	27	19	40	40	28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 100
3	2	141	140	100	201	202	141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 200
4	1	12	12	8	16	17	12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 100
5	1	106	87	71	135	163	106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 100
6	1	295	250	203	386	452	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 100
7	1	88	88	63	126	127	88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 100
8	1	113	112	80	161	162	113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 100
9	1	10	9	5	13	14	10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 100
10	1	8	8	6	12	14	8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 100
11	1	100	97	70	140	144	100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 100
12	1	21	21	13	27	28	21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 100
13	1	91	88	64	128	133	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 100
14	1	25	21	16	33	38	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 100
15	1	14	13	9	20	22	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 100
16	1	14	13	9	20	21	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 100
17	1	17	15	10	22	19	17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 100
18	1	23	20	15	31	25	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 100
19	1	45	37	29	56	69	45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 100
20	1	55	52	38	75	80	55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 100
21	1	84	78	58	115	123	84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 100
22	1	97	87	66	128	144	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 100
23	1	62	56	43	82	92	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 100
24	1	10	9	6	29	15	10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 100
25	1	30	27	20	99	45	30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 100
26	1	40	37	28	124	60	40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 100
27	4	102	93	70	137	151	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 400
74	1	18	17	12	25	26	18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 100

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Modelación para maximizar el número de componentes

MODELO I

El modelo para maximizar el número de componentes (Modelo I), por charola, se formaliza y formula mediante programación lineal entera con los siguientes elementos:

Variables de decisión:

x_{mjk} = Número de componentes acomodados en la dirección m , en la charola tipo k , orientados en la dirección j .

$m, j, k = 1, 2, 3, 4, 5$ dirección del componente en x, y, z , j dirección de la charola en x, y, z , k charola tipo k ($k = 1, 2, 3, 4$ y 5).

Parámetros:

a_m = dimensiones de los componentes en la dirección m .

b_j = dimensión de la charola en la dirección j .

Función objetivo:

$$\text{Max } Z \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 x_{mjk} \quad 3.4$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^3 a_m x_{mjk} \leq b_m \quad \forall i = 1, 2, 3 \quad \forall k = 1, 2, 3, 4, 5 \quad 3.5$$

$$x_{mjk} \geq 0 \text{ y entero } \forall i = 1, 2, 3 \quad \forall j = 1, 2, 3 \quad \forall k = 1, 2, 3, 4, 5 \quad 3.6$$

La ecuación 3.4 muestra que la función objetivo maximiza el número de componentes tipo i , en cada charola tipo k , tomando en cuenta la dirección del componente en la dirección m y dirección j de la charola k .

A continuación, se ejemplifica la ecuación 3.4. Ver Figuras 8, 9, 10,11, 12 y 13.

En la Figura 8 se ejemplifica la asignación de componentes orientados en la dirección m (eje x), en la dirección j (eje x) de la charola k .

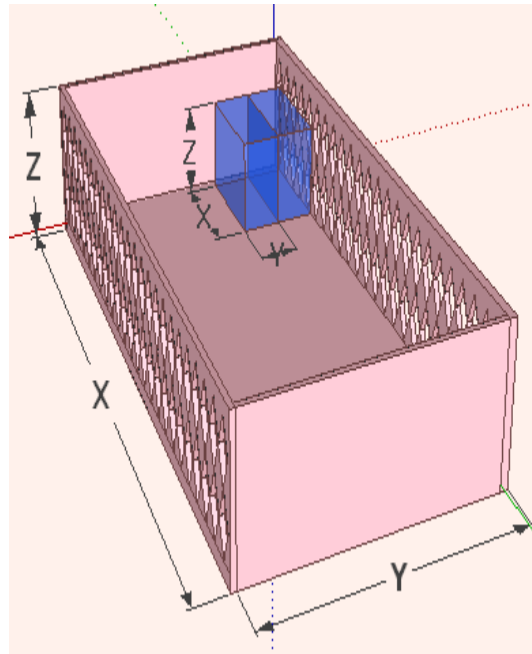


Figura 8. Asignación de componentes orientados en la dirección m (eje x), en la dirección j (eje x) de la charola k .

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 9 se ejemplifica la asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k .

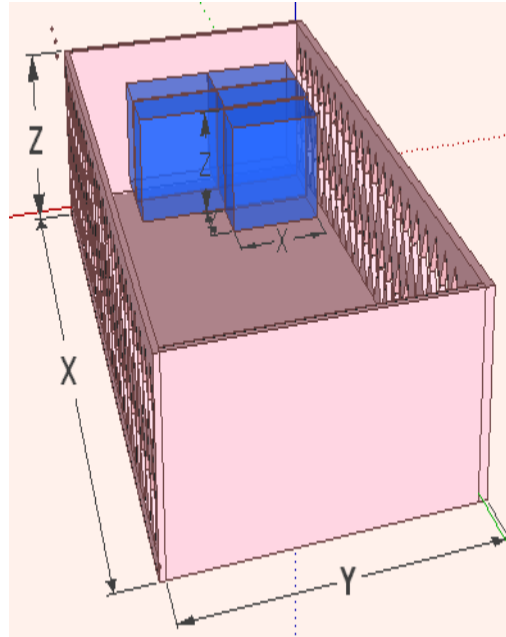


Figura 9. Asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k .
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 se ejemplifica la asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k .

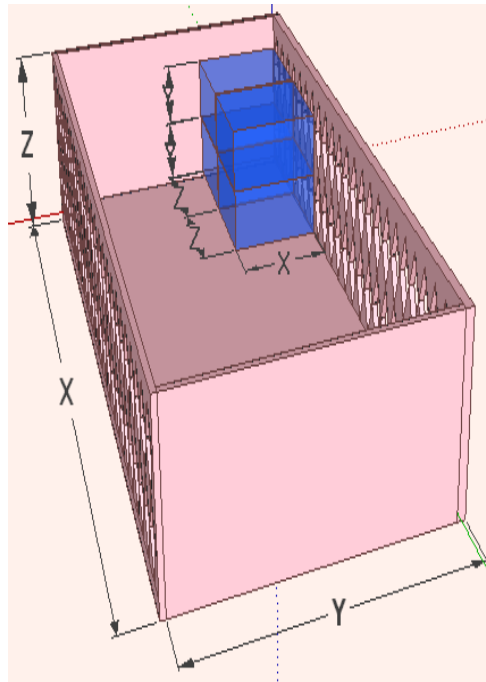


Figura 10. Asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k .
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 se ejemplifica la asignación de componentes en la dirección m (eje x) en la dirección j (eje x) en la charola k .

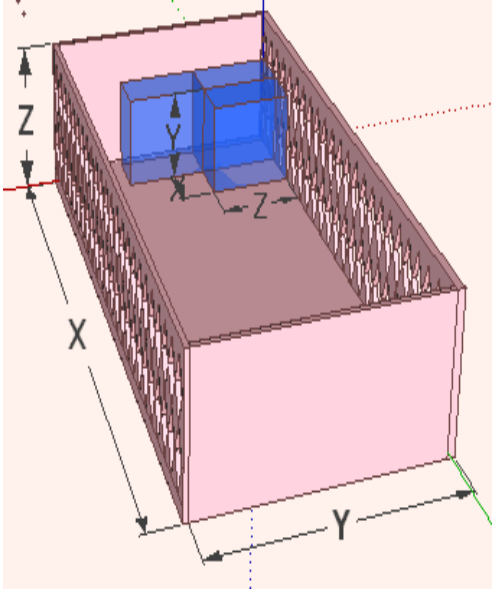


Figura 11. Asignación de componentes en la dirección m (eje x) en la dirección j (eje x) en la charola k .
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12 se ejemplifica la asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k .

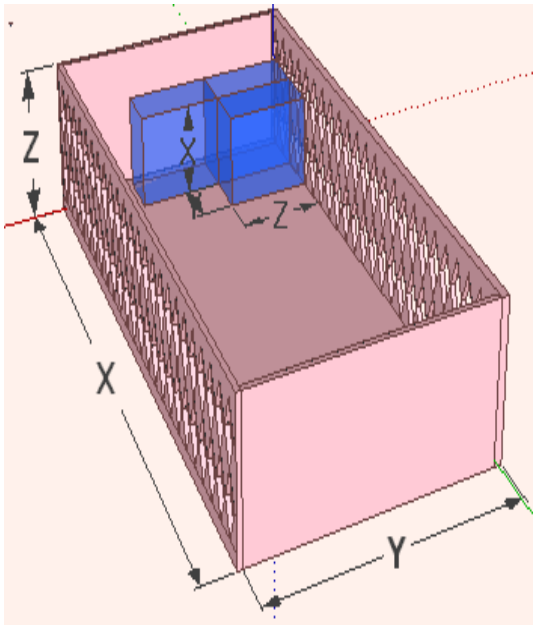


Figura 12. Asignación de componentes en la dirección m (eje y) en la dirección j (eje x) en la charola k .
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se ejemplifica la asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k .

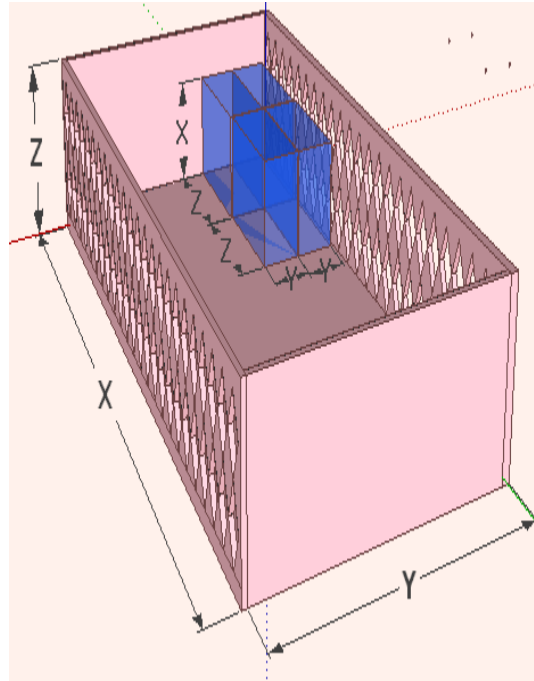


Figura 13. Asignación de componentes en la dirección m (eje z) en la dirección j (eje x) en la charola k .
Fuente: Elaboración propia

La expresión **3.5** corresponde al primer conjunto de restricciones y denota las dimensiones del componente i , en la dirección mj para la charola k .

a_m = Longitud del componente i en la dirección m , b_j = Longitud de la charola k en la dirección j .

La ecuación **3.6** hace referencia a que las variables son enteras y no negativas.

Con la salida del Modelo I, se obtendrá el número de componentes por charola y servirá como base para alimentar al Modelo II.

Complementariamente, para hacer un uso optimizado del espacio del almacén, es necesario determinar la asignación del conjunto de charolas para hacer el acopio de cada orden o proyecto en específico.

3.3.3. Supuestos Modelo II

Para llevar a cabo la formulación del modelo matemático II, se consideraron algunos supuestos de la salida del modelo I, siendo:

- A. Para el acomodo de las charolas por proyecto en los anaqueles, el peso de las charolas no es una restricción.
- B. La capacidad total de posiciones disponibles en el almacén es suficiente para cubrir la demanda, por lo que no se considera está como una restricción para la modelación del problema.

3.3.4. Modelación para minimizar el número de charolas, para cada proyecto

MODELO II

Para la asignación que ocupe el menor espacio posible en los anaqueles, es necesario proponer un segundo modelo para minimizar el número de charolas por cada orden de compra, considerando que en el paso anterior se está optimizando el uso de cada charola por tipo de componente, en este segundo paso se minimiza el volumen por proyecto que ocupa el total de las charolas almacenadas en los anaqueles. El modelo para minimizar el número de charolas (Modelo II), para cada proyecto, se formaliza y formula mediante programación lineal entera con los siguientes elementos:

Variable de decisión:

x_{ik} = Número de charolas tipo k que se emplean para el tipo de componente i .

Parámetros:

v_{ik} = Volumen de la charola tipo k . Empleada para guardar los componentes del tipo i .

d_j = Demanda de muestras prototipos del proyecto j .

A_j = Demanda total del proyecto j .

Función objetivo:

$$\text{Min } Z \quad \sum_{i=1} \sum_{j=1} v_{ik} x_{ik} \quad 3.7$$

s.a.

$$\sum_{k=1}^5 A_j x_{ik} \geq d_j; \forall i \in \text{proyectos } j \quad 3.8$$

$$x_{ik} \geq 0 \text{ y entero } \forall i \in \text{proyecto } j \quad \forall k = 1, 2, 3, 4, 5 \quad 3.9$$

La ecuación 3.7 muestra que la función objetivo minimiza el volumen por proyecto de componentes tipo i en las charolas tipo j .

La expresión 3.8 corresponde al primer conjunto de restricciones y denota la cantidad máxima de componentes tipo i , para el proyecto j en la charola tipo k , $A_i \leq$ demanda total del proyecto j .

La ecuación 3.9 hace referencia a que las variables son enteras y no negativas.

3.4. Soluciones de los modelos

De acuerdo a los 2 modelos anteriores, en el primer modelo se realizan 40 instancias, en este modelo se contemplan los 85 tipos de componentes para los 14 proyectos, sin embargo solo se realizan 40 instancias debido a que hay componentes con las mismas dimensiones (prismas regulares equivalentes), en este modelo se determina la asignación máxima de los componentes en cada una de las charolas, y en el segundo modelo se ejecutan 12 instancias, en total son 14 proyectos, sin embargo los proyectos 10, 11 y 12 tienen el mismo número de muestras y componentes, este modelo sirve para el aprovechamiento máximo del espacio por cada tipo de charola para cada uno de los proyectos. A continuación, se ilustran algunas de las instancias resueltas para los dos modelos implementados en LINDO.

El Modelo I mostrado en la Figura 14, representa la codificación en LINDO del Modelo I, para la instancia 1, que comprende el número óptimo de los componentes 1, 28, 31, 32, 50 y 66 en cada una de las charolas, en donde la variable X_{mjk} , representa la dimensión del componente i , en la dirección m , para la dirección j , en la charola k , asimismo cada coeficiente de cada variable en una restricción, representa las dimensiones del componente i , para la dirección j en un solo tipo de charola. Finalmente, el lado derecho de cada restricción representa la dimensión máxima de la dirección j en un tipo de charola k .

En la Figura 15 se muestra la ejecución del Modelo II, para la instancia 1, que determina el aprovechamiento máximo del espacio por cada tipo de charola para el proyecto 1 en LINDO. Luego, a partir del Anexo B1 al Anexo B39 se ilustran las 39 instancias para los componentes

restantes que determinan la asignación máxima de los componentes en cada una de las charolas. Posteriormente en el Anexo C1 al Anexo C11 se ejecutan las 11 instancias restantes para el aprovechamiento máximo del espacio por cada tipo de charola para cada uno de los proyectos.

```

C:\Users\Del\COMPONENTES POR CHAROLA\C1POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
15.2X111 + 15.2X121 + 15.2X131 <= 25
5.44X211 + 5.44X221 + 5.44X231 <=40
15.2X311 + 15.2X321 + 15.2X331 <= 30

15.2X112 + 15.2X122 + 15.2X132 <= 15
5.44X212 + 5.44X222 + 5.44X232 <= 40
15.2X312 + 15.2X322 + 15.2X332 <= 30

15.2X113 + 15.2X123 + 15.2X133 <= 15
5.44X213 + 5.44X223 + 5.44X233 <= 30
15.2X313 + 15.2X323 + 15.2X333 <= 20

15.2X114 + 15.2X124 + 15.2X134 <= 25
5.44X214 + 5.44X224 + 5.44X234 <= 60
15.2X314 + 15.2X324 + 15.2X334 <= 40

15.2X115 + 15.2X125 + 15.2X135 <= 40
5.44X215 + 5.44X225 + 5.44X235 <= 60
15.2X315 + 15.2X325 + 15.2X335 <= 40

END
GIN 45

```

Figura 14. Codificación en LINDO del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 1, 28, 31, 32, 50 y 66 (componentes con las mismas dimensiones), en cada charola.

Fuente: Elaboración propia

Nota: Donde x_{mjk} = Número de componentes acomodados en la dirección m , en la charola tipo k , orientados en la dirección j .

```

File Edit Solve Reports Window Help
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+30X241+
30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+30X461+30X471+
30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+30X681+30X691+30X701+
30X711+30X721+30X731+30X741+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+
18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+
18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+
18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+
9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+
9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+
9X743+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+
48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+
48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+
48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+
96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+
96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+
96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745
S.T.
9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 100
28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 100
141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 200
12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 100
106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 100
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 100
88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 100
113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 100
10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 100
8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 100
100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 100
21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 100
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 100
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 100
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 100
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 100
17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 100
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 100
45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 100
55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 100
84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 100
97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 100
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 100
10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 100
30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 100
40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 100
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 400
18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 100
END
GIN 369

```

Figura 15. Ejecución del Modelo II, para la mezcla óptima de charolas para acomodar todos los componentes del proyecto 1 empleando el volumen mínimo en el almacén mediante LINDO

Fuente: Elaboración propia

Nota: x_{ik} = Número de charolas tipo k que se emplean para el tipo de componente i .

Capítulo IV. Resultados, interpretación y distribución de charolas por proyecto en los anaqueles

En este apartado se presentan los resultados y la interpretación de los dos modelos que se generaron en el capítulo anterior. Posteriormente a esto se aplicará de forma cognitiva un acomodo secuencial de las charolas en los anaqueles para poder asignar los proyectos de cada cliente y mejorar el flujo de los materiales, así como la trazabilidad y visibilidad.

4.1. Resultados e interpretación

A continuación, se muestran los resultados de salida del Modelo I y del Modelo II compilados en LINDO, para cada una de sus instancias analizadas.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 1 en cada charola, se puede observar que el total de charolas tipo 1 son 9, obteniéndose del resultado de la variable $X_{111}=1$, $X_{221}=7$ y $X_{331}=1$; que se interpretan de la forma siguiente: una charola tipo 1 del componente 1 en la dirección del componente en el eje x; 7 charolas tipo 1, para el componente 2 en la dirección del componente en el eje y, y 1 charola tipo 1 para el componente 3 en la dirección del componente en el eje z.

Para el resto de los componentes faltantes, sus resultados de la ejecución del Modelo I se presentan desde el Anexo D1 al Anexo D39.

Tabla 4. Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 1, 28, 31, 32, 50 y 66, (componentes con las mismas dimensiones) en cada charola

VARIABLE	VALOR	No. DE COMPONENTES EN CADA CHAROLA
X1,1,1	1	9
X2,2,1	7	
X3,3,1	1	
X2,1,2	7	8
X3,2,2	1	
X2,3,3	5	6
X3,2,3	1	
X1,3,4	1	14
X2,1,4	11	
X3,2,4	2	
X1,1,5	2	15
X2,3,5	11	
X3,3,5	2	

Fuente: Elaboración propia

Nota: Donde x_{ijk} o x_{111} = Número de componentes acomodados en la dirección $i = 1$, en la charola tipo $k=1$, orientados en la dirección $j=1$.

En la Tabla 5 se pueden observar los resultados para el aprovechamiento máximo del espacio por cada tipo de charola de la primera instancia que corresponde al proyecto 1 ejecutando el Modelo II en LINDO. Por ejemplo, la variable X4,2 indica que se necesita 1 charola tipo 2 para el componente 4, la variable X1,3 indica que se necesitan 17 charolas tipo 3 para el componente 1, y así sucesivamente, en donde x_{ik} = Número de charolas tipo k que se emplean para el tipo de componente i .

Del Anexo E1 al Anexo E11, se presentan los resultados de los 13 proyectos restantes.

Tabla 5. Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo II, para determinar la mezcla óptima de charolas para acomodar todos los componentes del proyecto 1 empleando el volumen mínimo en el almacén.

VARIABLE	VALUE
X4,2	1
X1,3	17
X2,3	6
X3,3	2
X4,3	11
X5,3	2
X6,3	1
X7,3	2
X8,3	2
X9,3	20
X10,3	17
X11,3	2
X12,3	8
X13,3	2
X14,3	7
X15,3	12
X16,3	12
X17,3	10
X18,3	7
X19,3	4
X20,3	3
X21,3	2
X22,3	2
X23,3	3
X24,3	17
X25,3	5
X26,3	4
X27,3	6
X74,3	9

Fuente: Elaboración propia

Nota: x_{ik} = Número de charolas tipo k que se emplean para el tipo de componente i .

4.2. Discusión e interpretación de los resultados para los 85 componentes

Experimentación computacional

Para la solución de los modelos presentados en la sección 3, se realizó la implementación y solución utilizando el Software LINDO versión 6.1 y se empleó una computadora con procesador AMD R2 a 64 bits y 1.8 Mhz de doble núcleo, los tiempos de resolución para ambos modelos son del orden de 5 segundos o menos. La solución del modelo I y del modelo II, se ilustran en las Tablas 6 y 7 respectivamente. A partir de la Tabla 6, se puede observar la asignación máxima de componentes del tipo 1 en cada charola (primer renglón de la tabla), se puede identificar que, si se utiliza una charola tipo 1 para ese componente en específico, la capacidad máxima es de 9 charolas; para la charola tipo 2 la capacidad máxima es de 8 charolas; para la charola tipo 3 la capacidad máxima es de 6 charolas; para la charola tipo 4 la capacidad máxima es de 14 charolas y para la charola tipo 5, la capacidad máxima es de 15 charolas.

En la Tabla 6, se muestra la solución óptima del modelo I para los 85 tipos de componentes a través del modelo de maximización. Cabe señalar que estos valores alimentan el segundo modelo.

Tabla 6. Solución óptima del modelo I para los 85 tipos de componentes a través del modelo de maximización

NO. CI.	DIMENSIONES (EN CM)			TIPOS DE CHAROLAS				
	ANCHO (X)	LARGO (Y)	ALTO (Z)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
1	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
2	21	2	4.1	28	27	19	40	40
3	16	0.5	0.5	141	140	100	201	202
4	15	10	4.1	12	12	8	16	17
5	0.54	0.75	4.1	106	87	71	135	163
6	0.225	0.225	4.1	295	250	203	386	452
7	14	0.8	0.8	88	88	63	126	127
8	19.7	0.62	0.62	113	112	80	161	162
9	19.5	19.5	4.1	10	9	5	13	14
10	12.6	8.4	8.4	8	8	6	12	14
11	3.475	0.75	0.75	100	97	70	140	144
12	30.9	30.9	1.5	21	21	13	27	28
13	3.16	0.82	0.82	91	88	64	128	133

NO. CI.	DIMENSIONES (EN CM)			TIPOS DE CHAROLAS				
	ANCHO (X)	LARGO (Y)	ALTO (Z)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
14	3.05	3.95	3.95	25	21	16	33	38
15	9.72	5.11	5.11	14	13	9	20	22
16	12	5.06	5.06	14	13	9	20	21
17	7.72	5.623	4.1	17	15	10	22	19
18	4.02	3.767	3.767	23	20	15	31	25
19	1.21	2.21	4.1	45	37	29	56	69
20	2.908	1.481	1.481	55	52	38	75	80
21	1.78	0.978	0.978	84	78	58	115	123
22	0.963	0.963	0.963	97	87	66	128	144
23	1.5	1.5	1.5	62	56	43	82	92
24	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
25	4	2.3	4.1	30	27	20	99	45
26	3.4	1.5	4.1	40	37	28	124	60
27	1.1	0.86	0.86	102	93	70	137	151
28	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
29	1.21	2.21	4.1	73	37	29	56	69
30	2.908	1.481	1.481	55	52	38	75	80
31	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
32	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
33	21	2	4.1	28	27	19	40	40
34	16	0.5	0.5	141	140	100	201	202
35	16	0.5	0.5	141	140	100	201	202
36	14	0.8	0.8	88	88	63	126	127
37	22.6	1.25	1.25	19	56	40	81	81
38	19.5	19.5	4.1	10	9	5	13	14
39	12.7	2.88	4.1	21	21	15	30	32
40	9.85	6.3	3.038	17	16	11	24	26
41	0.963	0.963	0.963	97	87	66	128	144
42	12.12	1.52	1.52	47	46	33	67	68
43	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
44	4	2.3	4.1	30	27	20	99	45
45	1.21	2.21	4.1	45	37	29	56	69

NO. CI.	DIMENSIONES (EN CM)			TIPOS DE CHAROLAS				
	ANCHO (X)	LARGO (Y)	ALTO (Z)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
46	1.21	2.21	4.1	45	37	29	56	69
47	3.4	1.5	41	40	37	28	124	60
48	7.78	11.2	3	16	14	9	21	23
49	7.72	5.623	4.1	17	15	10	22	19
50	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
51	16	0.5	0.5	141	140	100	201	202
52	14	0.8	0.8	88	88	63	126	127
53	12.6	8.4	8.4	8	8	6	12	14
54	19.7	0.62	0.62	113	112	80	161	162
55	10	15	4.1	11	10	7	15	17
56	1.78	0.978	0.978	84	78	58	115	123
57	3.475	0.75	0.75	100	97	70	140	144
58	2.908	1.481	1.481	55	52	38	75	80
59	3	3.69	2.8	28	25	20	38	43
60	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
61	4	2.3	4.1	30	27	20	99	45
62	4	2.3	4.1	30	27	20	99	45
63	4.6	1	1	75	73	53	105	108
64	4	2.3	4.1	30	27	20	99	45
65	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
66	15.2	5.44	15.2	9	8	6	14	15
67	21	2	4.1	28	27	19	40	40
68	16	0.5	0.5	141	140	100	201	202
69	12.6	8.4	8.4	8	8	6	12	14
70	30.9	1.5	1.5	46	46	33	66	67
71	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
72	15.9	6.7	6.7	10	9	6	29	15
73	4.6	1	1	75	73	53	105	108
74	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
75	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
76	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
77	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26

NO. CI.	DIMENSIONES (EN CM)			TIPOS DE CHAROLAS				
	ANCHO (X)	LARGO (Y)	ALTO (Z)	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
78	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
79	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
80	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
81	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
82	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
83	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
84	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26
85	10.3	4.1	4.1	18	17	12	25	26

Fuente: Elaboración propia

NOTA. La tabla muestra la cantidad máxima de componentes tipo i , en las charolas tipo k

El segundo modelo determina el menor número de charolas para cada componente en cada proyecto, por ejemplo, para el proyecto 1 que consta de 100 muestras y 28 componentes se requieren 195 CH3 y 1 CH2, sumando un total de 196 CH, la interpretación aplica para los 14 proyectos, dando un total de 9 CH2, 1103 CH3 y 2 CH4. Los resultados se pueden observar en la Tabla 7, que se muestra a continuación:

Tabla 7. Solución óptima del modelo II para 14 proyectos a través del modelo de minimización

Número de Proyecto	Número de Muestras	Número de Componentes	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	Total de CH
1	100	28	0	1	195	0	0	196
2	36	30	0	1	78	0	0	79
3	80	20	0	2	106	0	0	108
4	15	28	0	0	40	0	0	40
5	3	28	0	0	27	0	0	27
6	15	6	0	0	29	0	0	29
7	15	6	0	1	27	0	0	28
8	12	30	0	1	33	0	0	34
9	12	30	0	1	33	0	0	34
10	1	1	0	0	1	0	0	1
11	1	1	0	0	1	0	0	1
12	1	1	0	0	1	0	0	1
13	50	30	0	2	91	2	0	95
14	500	6	0	0	441	0	0	441
			0	9	1103	2	0	1114

Fuente: Elaboración propia

Para asignar las charolas por proyecto en los anaqueles fue necesario estimar la capacidad máxima de cada tipo de charola en un anaquel. La Tabla 8 representa las dimensiones estándar de los 5 tipos de charola en x , y , z , así como la capacidad total de cada charola por un anaquel y el número total de charolas en los 7 anaqueles disponibles para el departamento de muestras.

Tabla 8. Dimensiones del anaquel y cantidad máxima para cada tipo de charola.

1 ANAQUEL= 120 cm largo * 60 cm de ancho * 60 cm de alto * 4 niveles				
CHS	Dimensiones de la charola (x , y , z)	Número de Charolas en un anaquel	Número de Charolas * 7 anaqueles	x = base, y = ancho, z = alto y n = nivel
CH1	25*40*30 cm	64	448	$4x+2y+z*4n$
CH2	15*40*30 cm	64	448	$8x+1y+2z*4n$
CH3	15*30*20 cm	192	1344	$8x+2y+3z*4n$
CH4	25*60*40 cm	24	168	$6x+1y+1z*4n$
CH5	40*60*40 cm	4	28	$x+y+z*4n$

Fuente: Elaboración propia

Para poder calcular el volumen total que utiliza el proyecto, fue necesario tomar como referencia las 1344 CH3 capacidad máxima de los 7 anaqueles. Con base a esto y tomando en cuenta que una charola tipo 2 ocupa el volumen de 3 charolas tipo 3 y una charola tipo 4 ocupa el volumen de 8 charolas tipo 3, se realizó el cálculo considerando CH3. Al determinar el porcentaje de espacio por proyecto considerando solo CH3, se pudo determinar el espacio total usado para los 14 proyectos. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de espacio que se usa en un proyecto

Número de proyecto	CH2	CH3	CH4	# Total de charolas	Conversión a volumen de CH3	Volumen total por proyecto en %
1	1	195		196	198	15
2	1	78		79	81	6
3	2	106		108	112	8
4		40		40	40	3
5		27		27	27	2
6		29		29	29	2
7	1	27		28	30	2
8	1	33		34	36	3
9	1	33		34	36	3
10		1		1	1	0
11		1		1	1	0
12		1		1	1	0
13	2	91	2	95	113	8
14		441		441	441	33
					1146	85% Espacio Utilizado
					1344	15% Espacio Disponible

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del primer renglón de Tabla 9, se interpreta que para el almacenamiento de los componentes del proyecto 1, que consiste en una orden de 100 muestras, se requieren 28 tipos de componentes diferentes, resultando necesario utilizar del 15% del volumen total disponible (una charola del tipo 2 y 195 charolas tipo 3).

4.3. Porcentaje del espacio que se ocupa en el almacén.

Según la jefa del departamento de muestras prototipo, el espacio asignado del almacén compartido de muestras con manufactura, se tienen disponibles 7 anaqueles para los 14 proyectos, que de acuerdo a las salidas del segundo modelo se necesitan 9 charolas tipo 2, 1103 charolas tipo 3 y 2 charolas tipo 4 que representan el 85% del volumen total disponible. El volumen de los 7 anaqueles representa el 100% de espacio disponible equivalente a 1344 charolas tipo 3. De acuerdo al número total de proyectos y espacio disponible en la Tabla 8 se puede observar que hay espacio disponible para todos los proyectos programados.

4.4. Porcentaje de espacio disponible en el almacén.

Con base en la Tabla 8, se pueden observar el volumen total por proyecto y se verifica que no se excede la capacidad de los 7 anaqueles. Al asignar todos los proyectos nos queda un espacio disponible que corresponde al 15%.

4.5. Visualización de la distribución de charolas en almacén, según proyecto y en orden secuencial

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 9 se puede observar el volumen que ocupará de manera agregada todas las órdenes de los 14 proyectos, equivalente al 85% del espacio total disponible, por lo que ahora se buscará acomodar de forma secuencial estas órdenes. Este es un proceso que se ejecuta de forma cognitiva de la manera siguiente:

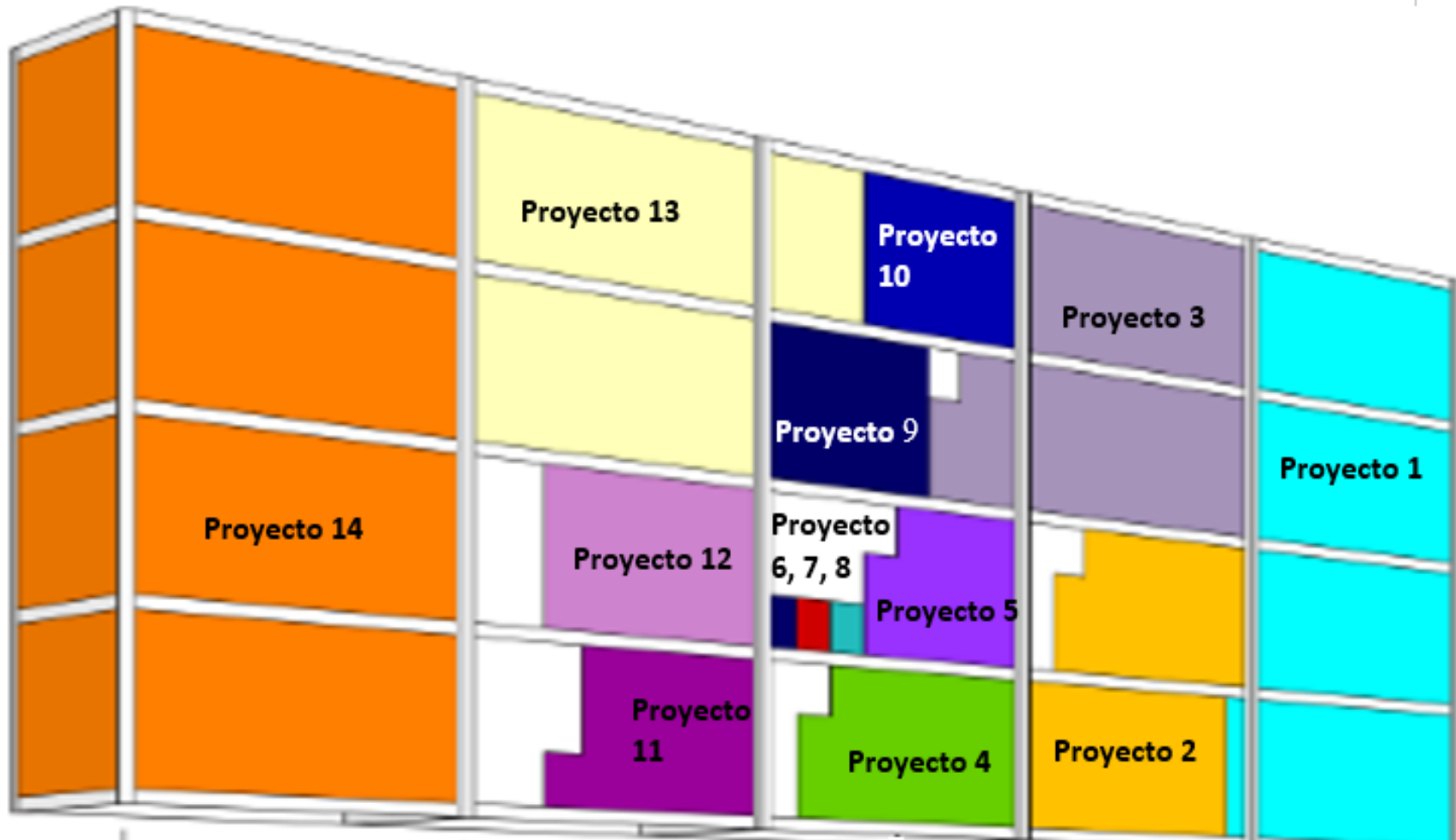


Figura 16. Acomodo Secuencial del anaquel 1 al 5.
 Fuente: Elaboración propia

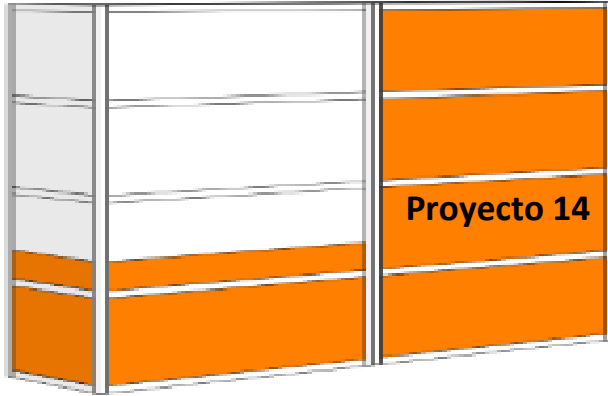


Figura 17. Acomodo secuencial de los anaqueles 6 y 7.
Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se puede observar la Figura 16 y la Figura 17 , en donde los componentes de cada orden se han colocado de manera secuencial y cada proyecto se indica a través de la identificación diferenciada por color, como lo indica la Tabla 10.

Tabla 10. Color por proyecto

Proyecto	Color
1	Cyan
2	Yellow
3	Purple
4	Green
5	Dark Purple
6	Cyan
7	Red
8	Dark Blue
9	Black
10	Blue
11	Purple
12	Light Purple
13	Yellow
14	Orange

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones, Recomendaciones y Trabajo Futuro

Conclusiones

De acuerdo al objetivo principal de este trabajo terminal de grado, que consistió en identificar los factores críticos como la visibilidad, la densidad de almacenamiento, la capacidad de almacenamiento y la trazabilidad en la gestión del almacenamiento en el armado de prototipos, se diseñó una estrategia basada en la aplicación de modelos de optimización, que permitió establecer criterios para el acomodo de los componentes en una charola, sin mezclar más de un tipo de componente por charola, (**visibilidad**). Asimismo, el acomodo de los componentes dentro de cada charola para maximizar su uso de cada una (**densidad de almacenamiento**). Del mismo modo, la asignación de tipos de charola por proyecto para minimizar el número de charolas y por lo tanto minimizar el espacio o volumen requerido para cada orden por proyecto en el almacén (**capacidad de almacenamiento**). Finalmente, el acomodo de las charolas de cada orden o proyecto en posiciones consecutivas de los anaqueles (**trazabilidad**). Al establecer criterios que mejoran los factores críticos se acepta la hipótesis del trabajo terminal de grado, ya que mediante la identificación de variables críticas de operación y la formulación de modelos matemáticos de programación lineal entera para su optimización, fue posible determinar condiciones de operación que mejoraron la gestión actual del almacén.

Al implementar los modelos en el almacén se podrá eliminar la pérdida de tiempo al buscar un ítem por desconocer donde se ubica, siempre y cuando se diseñe un sistema adecuado para estos fines y además se cargue en este; pues con ello, se evita la pérdida de tiempo al realizar el inventario por desconfiar en el personal y/o el sistema, la obsolescencia de los ítems y la eliminación de errores al identificar los ítems; con esto se establece un control de materiales que puede ser eficiente y que garantizaría la disponibilidad de materiales para su recolección en el momento solicitado.

Para establecer el control de los materiales se tomó en cuenta la parte operativa del almacén, y para hacer más efectiva la operación se separaron los componentes en charolas independientes. Sin embargo, si en algún momento la Jefa del departamento de muestras toma la decisión de optimizar

el espacio, el segundo modelo es capaz de acomodar 2 componentes que tengan el mismo volumen en una misma charola, en caso de que se implemente, se tendrán que identificar las charolas que compartan estos componentes con ayudas visuales para evitar que haya errores de identificación en los materiales que correspondan a distintos proyectos.

Como se comentó a lo largo del desarrollo del trabajo, se formularon 2 modelos de optimización y con base en la solución óptima obtenida para cada proyecto, se puede determinar el espacio requerido total (real y optimizado) para un conjunto de órdenes que representan la demanda de producción, por tanto, se proporciona el espacio ocupado y desocupado del almacenamiento para una ventana de tiempo específica. Entre otras ventajas, mediante la aplicación de los modelos desarrollados, se propone el almacenamiento diferenciado de los componentes necesarios para una orden, lo que permite mayor control y visibilidad a través del adecuado etiquetado, indicando claramente los materiales que corresponden a cada proyecto u orden. El acomodo es de forma secuencial y manual, ya que, debido al espacio reducido, no hay espacio para usar un montacargas. Esta solución impacta no sólo para el mejor aprovechamiento del espacio disponible, sino además para reducir los tiempos requeridos para la recolección de los componentes y disminuir el tiempo empleado para verificación de las existencias (inventarios físicos rutinarios). Una ventaja adicional del acomodo de los componentes consolidados por proyecto, es la facilidad de identificar y disponer del material remanente no necesario (*scrap*).

Recomendaciones

En el momento que se le añadan más componentes y más proyectos, hay que realizar nuevas formulaciones de modelos matemáticos, así como realizar una codificación del modelo I y del modelo II en un lenguaje de programación como GAMS o Matlab.

De acuerdo al Modelo II, en ninguno de los 14 proyectos se utilizan charolas tipo 1 y tipo 5, por lo que es recomendable no utilizarlas en la operación para optimizar el espacio, ya que, de acuerdo a los resultados del estudio, las charolas que tienen menor subutilización, son la: tipo 2, 3 y 4. En caso de que se utilizaran otros componentes con diferentes dimensiones se deben ejecutar los nuevos modelos para verificar el tipo de charola que utilizarían.

También es importante analizar la viabilidad de utilizar solo charolas tipo 3, de acuerdo a los 14 proyectos el 96.2% lo utilizan las charolas tipo 3, el 2.4% del espacio es utilizado por charolas tipo 2 y el 1.4% del espacio es utilizado por charolas tipo 4.

Trabajo Futuro

Como recomendación para trabajos futuro se pueden realizar mejoras en los diferentes eslabones de su cadena de suministro, como realizar un proyecto enfocado a una mejor gestión con los diferentes proveedores mediante técnicas de evaluación, e implementado planes de mejora, también se puede realizar un plan maestro para la producción de los prototipos.

Referencias

- Accorsi, R., Manzini, R. & Bortolini, M. (2012). A hierarchical procedure for storage allocation and assignment within an order-picking system. A case study, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 15:6, 351-364, DOI: 10.1080/13675567.2012.742877
- Bahrami, B., Aghezzaf, E. H., Limère, V. (2019). Enhancing the order picking process through a new storage assignment strategy in forward-reserve area. *International Journal of Production*. pp. 1-22.
- Bollapragada, R., Kuppusamy, S. & Rao, U.S. (2014). Component procurement and end product assembly in an uncertain supply and demand environment, *International Journal of Production Research*, DOI: 10.1080/00207543.2014.951522
- Boonthonsatit, K. and Jungthawan, S. (2015) "Lean supply chain management-based value stream mapping in a case of Thailand automotive industry," *2015 4th International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*, Valenciennes, 2015, pp. 65-69. doi: 10.1109/ICAdLT.2015.7136593
- Bortfeldt, A. (2006). A genetic algorithm for the two-dimensional strip packing problem with rectangular pieces. *European Journal of Operational Research*, 172(3), 814–837. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2004.11.016>
- Chen, D.-S., Batson, R.G: and Dang, Y. (2010). *Applied integer programming: modeling and solution*. Wiley.
- Da Silva, G. C., Bahiense, L., Satoru Ochi, L., & Boaventura-Netto, P. O. (2012). The dynamic space allocation problem: Applying hybrid GRASP and Tabu search metaheuristics. *Computers & Operations Research*, 39(3), 671–677. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2011.05.016>
- Dinesh Seth & Vaibhav Gupta (2005) Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study, *Production Planning & Control*, 16:1, 44-59, DOI: 10.1080/09537280512331325281
- Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, 19(2), 185–200. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00055-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00055-3)
- Hassini, E. (2008). Storage space allocation to maximize inter-replenishment times. *Computers &*

- Operations Research*, 35(7), 2162–2174. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2006.09.023>
- Heragu, S. (2016). *Facilities Design*. CRC Press, Fourth Edition.
- Hillier, F.S., So, K.C., Boling, R.W. (1993) *Notes: Toward Characterizing the Optimal Allocation of Storage Space in Production Line Systems with Variable Processing Times*.
- Kenmochi, M., Imamichi, T., Nonobe, K., Yagiura, M., & Nagamochi, H. (2009). Exact algorithms for the two-dimensional strip packing problem with and without rotations. *European Journal of Operational Research*, 198(1), 73–83. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2008.08.020>
- Lodi, A., Martello, S., & Monaci, M. (2002). Two-dimensional packing problems: A survey. *European Journal of Operational Research*, 141(2), 241–252. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00123-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00123-6)
- Martello, S.,Vigo, D. (1998). Exact solution of the two-dimensional finite bin packing problem. *Management Science*, <https://doi.org/10.1287/mnsc.44.3.388>.
- Martínez, I., Vértiz, G., López, J., Jiménez, G., y Moncayo, L. (2014). *Investigación de Operaciones*. Grupo Editorial Patria. ISBN e-book: 978-607-438-923-4
- Narahari, Y., Viswanadham, N. and Kumar, V. K. (1999). Lead time modeling and acceleration of product design and development" in *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, no. 5, pp. 882-896, doi: 10.1109/70.795793
- Ravindran, A.R. and Warsing Jr, D.P. (2013). *Supply chain engineering: Models and applications*. CRC Press.
- Reyes, J., E. Solano-Charris, and J. Montoya-Torres (2019). The storage location assignment problem: A literature review. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10(2): p.199-224.
- Rider W. (2013). *Robust Storage Assignment In 3D Warehouses*. (Master Thesis). Erasmus University Rotterdam, Netherlands.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. Brookline, MA: *Lean Enterprise Institute*.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., Tanchoco, J. M. A. (2011). *Facilities planning*. John Wiley Sons.

ANEXO A: Información de los Proyectos

Anexo A1: Dimensiones de los 85 componentes	60
Anexo A2: Información del proyecto 2	63
Anexo A3: Información del proyecto 3	64
Anexo A4: Información del proyecto 4	65
Anexo A5: Información del proyecto 5	66
Anexo A6: Información del proyecto 6	67
Anexo A7: Información del proyecto 7	67
Anexo A8: Información del proyecto 8	68
Anexo A9: Información del proyecto 9	69
Anexo A10: Información del proyecto 10, 11 y 12	70
Anexo A11: Información del proyecto 13	70
Anexo A12: Información del proyecto 14	71

Anexo A1: Dimensiones de los 85 componentes

Número de C.I.	Dimensiones en cm		
	Ancho (x)	Largo (y)	Alto(z)
1	15.2	5.44	15.2
2	21	2	4.1
3	16	0.5	0.5
4	15	10	4.1
5	0.54	0.75	4.1
6	0.225	0.225	4.1
7	14	0.8	0.8
8	19.7	0.62	0.62
9	19.5	19.5	4.1
10	12.6	8.4	8.4
11	3.475	0.75	0.75
12	30.9	30.9	1.5
13	3.16	0.82	0.82
14	3.05	3.95	3.95
15	9.72	5.11	5.11
16	12	5.06	5.06
17	7.72	5.623	4.1
18	4.02	3.767	3.767
19	1.21	2.21	4.1
20	2.908	1.481	1.481
21	1.78	0.978	0.978
22	0.963	0.963	0.963
23	1.5	1.5	1.5
24	15.9	6.7	6.7
25	4	2.3	4.1
26	3.4	1.5	4.1
27	1.1	0.86	0.86
28	15.2	5.44	15.2
29	1.21	2.21	4.1
30	2.908	1.481	1.481
31	15.2	5.44	15.2
32	15.2	5.44	15.2

Número de C.I.	Dimensiones en cm		
	Ancho (x)	Largo (y)	Alto(z)
33	21	2	4.1
34	16	0.5	0.5
35	16	0.5	0.5
36	14	0.8	0.8
37	22.6	1.25	1.25
38	19.5	19.5	4.1
39	12.7	2.88	4.1
40	9.85	6.3	3.038
41	0.963	0.963	0.963
42	12.12	1.52	1.52
43	15.9	6.7	6.7
44	4	2.3	4.1
45	1.21	2.21	4.1
46	1.21	2.21	4.1
47	3.4	1.5	4.1
48	7.78	11.2	3
49	7.72	5.623	4.1
50	15.2	5.44	15.2
51	16	0.5	0.5
52	14	0.8	0.8
53	12.6	8.4	8.4
54	19.7	0.62	0.62
55	10	15	4.1
56	1.78	0.978	0.978
57	3.475	0.75	0.75
58	2.908	1.481	1.481
59	3	3.69	2.8
60	15.9	6.7	6.7
61	4	2.3	4.1
62	4	2.3	4.1
63	4.6	1	1
64	4	2.3	4.1
65	15.9	6.7	6.7
66	15.2	5.44	15.2
67	21	2	4.1
68	16	0.5	0.5

Número de C.I.	Dimensiones en cm		
	Ancho (x)	Largo (y)	Alto(z)
69	12.6	8.4	8.4
70	30.9	1.5	1.5
71	15.9	6.7	6.7
72	15.9	6.7	6.7
73	4.6	1	1
74	10.3	4.1	4.1
75	10.3	4.1	4.1
76	10.3	4.1	4.1
77	10.3	4.1	4.1
78	10.3	4.1	4.1
79	10.3	4.1	4.1
80	10.3	4.1	4.1
81	10.3	4.1	4.1
82	10.3	4.1	4.1
83	10.3	4.1	4.1
84	10.3	4.1	4.1
85	10.3	4.1	4.1

Fuente: Elaboración propia

Anexo A2: Información del proyecto 2

# de muestras:	36
# de componentes:	30
Fecha de construcción:	03/10/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
2	1,000	28	27	19	40	40	36	28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 36
3	2,000	141	140	100	201	202	72	141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 72
4	1,000	12	12	8	16	17	36	12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 36
5	1,000	106	87	71	135	163	36	106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 36
6	1,000	295	250	203	386	452	36	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 36
7	1,000	88	88	63	126	127	36	88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 36
8	1,000	113	112	80	161	162	36	113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 36
9	1,000	10	9	5	13	14	36	10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 36
10	1,000	8	8	6	12	14	36	8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 36
11	1,000	100	97	70	140	144	36	100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 36
12	1,000	21	21	13	27	28	36	21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 36
13	1,000	91	88	64	128	133	36	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 36
14	1,000	25	21	16	33	38	36	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 36
15	1,000	14	13	9	20	22	36	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 36
16	1,000	14	13	9	20	21	36	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 36
17	1,000	17	15	10	22	19	36	17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 36
18	1,000	23	20	15	31	25	36	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 36
22	1,000	97	87	66	128	144	36	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 36
23	1,000	62	56	43	82	92	36	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 36
26	1,000	40	37	28	124	60	36	40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 36
27	4,000	102	93	70	137	151	144	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 144
28	1,000	9	8	6	14	15	36	9X281 + 8X282 + 6X283 + 14X284 + 15X285 >= 36
29	1,000	73	37	29	56	69	36	73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 36
30	1,000	55	52	38	75	80	36	55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 36
56	1,000	84	78	58	115	123	36	84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 36
59	1,000	28	25	20	38	43	36	28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 36
62	1,000	30	27	20	99	45	36	30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 36
72	1,000	10	9	6	29	15	36	10X721 + 9X722 + 6X723 + 29X724 + 15X725 >= 36
85	1,000	18	17	12	25	26	36	18X851 + 17X852 + 12X853 + 25X854 + 26X855 >= 36
73	1,000	75	73	53	105	108	36	75X731 + 73X732 + 53X733 + 105X734 + 108X735 >= 36

Fuente: Elaboración propia

Anexo A3: Información del proyecto 3

# de muestras:	80
# de componentes:	20
Fecha de construcción	08/10/2018

Lista General de Componentes	Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones	
6	1,000	295	250	203	386	452	80	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 80
27	4,000	102	93	70	137	151	320	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 320
30	1,000	55	52	38	75	80	80	55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 80
31	1,000	9	8	6	14	15	80	9X311 + 8X312 + 6X313 + 14X314 + 15X315 >= 80
32	1,000	9	8	6	14	15	80	9X321 + 8X322 + 6X323 + 14X324 + 15X325 >= 80
33	1,000	28	27	19	40	40	80	28X331 + 27X332 + 19X333 + 40X334 + 40X335 >= 80
34	1,000	141	140	100	201	202	80	141X341 + 140X342 + 100X343 + 201X344 + 202X345 >= 80
35	1,000	141	140	100	201	202	80	141X351 + 140X352 + 100X353 + 201X354 + 202X355 >= 80
36	1,000	88	88	63	126	127	80	88X361 + 88X362 + 63X363 + 126X364 + 127X365 >= 80
37	1,000	19	56	40	81	81	80	19X371 + 56X372 + 40X373 + 81X374 + 81X375 >= 80
38	1,000	10	9	5	13	14	80	10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 80
39	1,000	21	21	15	30	32	80	21X391 + 21X392 + 15X393 + 30X394 + 32X395 >= 80
40	1,000	17	16	11	24	26	80	17X401 + 16X402 + 11X403 + 24X404 + 26X405 >= 80
41	1,000	97	87	66	128	144	80	97X411 + 87X412 + 66X413 + 128X414 + 144X415 >= 80
42	1,000	47	46	33	67	68	80	47X421 + 46X422 + 33X423 + 67X424 + 68X425 >= 80
43	1,000	10	9	6	29	15	80	10X431 + 9X432 + 6X433 + 29X434 + 15X435 >= 80
44	1,000	30	27	20	99	45	80	30X441 + 27X442 + 20X443 + 99X444 + 45X445 >= 80
45	1,000	45	37	29	56	69	80	45X451 + 37X452 + 29X453 + 56X454 + 69X455 >= 80
46	1,000	45	37	29	56	69	80	45X461 + 37X462 + 29X463 + 56X464 + 69X465 >= 80
47	1,000	40	37	28	124	60	80	40X471 + 37X472 + 28X473 + 124X474 + 60X475 >= 80

Fuente: Elaboración propia

Anexo A4: Información del proyecto 4

# de muestras:	15
# de componentes:	28
Fecha de construcción:	29/10/2018

Lista General de Componentes	Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
1	1,000	9	8	6	14	15	9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 15
2	1,000	28	27	19	40	40	28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 15
3	2,000	141	140	100	201	202	141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 30
4	1,000	12	12	8	16	17	12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 15
5	1,000	106	87	71	135	163	106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 15
6	1,000	295	250	203	386	452	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 15
7	1,000	88	88	63	126	127	88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 15
8	1,000	113	112	80	161	162	113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 15
9	1,000	10	9	5	13	14	10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 15
10	1,000	8	8	6	12	14	8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 15
11	1,000	100	97	70	140	144	100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 15
12	1,000	21	21	13	27	28	21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 15
13	1,000	91	88	64	128	133	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 15
14	1,000	25	21	16	33	38	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 15
15	1,000	14	13	9	20	22	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 15
16	1,000	14	13	9	20	21	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 15
17	1,000	17	15	10	22	19	17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 15
18	1,000	23	20	15	31	25	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 15
19	1,000	45	37	29	56	69	45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 15
20	1,000	55	52	38	75	80	55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 15
21	1,000	84	78	58	115	123	84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 15
22	1,000	97	87	66	128	144	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 15
23	1,000	62	56	43	82	92	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 15
24	1,000	10	9	6	29	15	10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 15
25	1,000	30	27	20	99	45	30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 15
26	1,000	40	37	28	124	60	40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 15
27	4,000	102	93	70	137	151	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 60
74	1,000	18	17	12	25	26	18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 15

Fuente: Elaboración propia

Anexo A5: Información del proyecto 5

# de muestras:	3
# de componentes:	28
Fecha de construcción:	29/10/2018

<u>Lista General de Componentes</u>	Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones	
1	1,000	9	8	6	14	15	3	9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 3
2	1,000	28	27	19	40	40	3	28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 3
3	2,000	141	140	100	201	202	6	141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 6
4	1,000	12	12	8	16	17	3	12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 3
5	1,000	106	87	71	135	163	3	106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 3
6	1,000	295	250	203	386	452	3	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 3
7	1,000	88	88	63	126	127	3	88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 3
8	1,000	113	112	80	161	162	3	113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 3
9	1,000	10	9	5	13	14	3	10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 3
10	1,000	8	8	6	12	14	3	8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 3
11	1,000	100	97	70	140	144	3	100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 3
12	1,000	21	21	13	27	28	3	21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 3
13	1,000	91	88	64	128	133	3	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 3
14	1,000	25	21	16	33	38	3	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 3
15	1,000	14	13	9	20	22	3	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 3
16	1,000	14	13	9	20	21	3	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 3
17	1,000	17	15	10	22	19	3	17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 3
18	1,000	23	20	15	31	25	3	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 3
19	1,000	45	37	29	56	69	3	45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 3
20	1,000	55	52	38	75	80	3	55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 3
21	1,000	84	78	58	115	123	3	84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 3
22	1,000	97	87	66	128	144	3	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 3
23	1,000	62	56	43	82	92	3	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 3
24	1,000	10	9	6	29	15	3	10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 3
25	1,000	30	27	20	99	45	3	30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 3
26	1,000	40	37	28	124	60	3	40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 3
27	4,000	102	93	70	137	151	12	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 12
74	1,000	18	17	12	25	26	3	18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 3

Fuente: Elaboración propia

Anexo A6: Información del proyecto 6

# de muestras:	15
# de componentes:	6
Fecha de construcción:	29/10/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
48	1,000	16	14	9	21	23	15	16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 15
49	1,000	17	15	10	22	19	15	17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 15
75	1,000	18	17	12	25	26	15	18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 15
76	1,000	18	17	12	25	26	15	18X761 + 17X762 + 12X763 + 25X764 + 26X765 >= 15
77	15,000	18	17	12	25	26	225	18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 225
78	1,000	18	17	12	25	26	15	18X781 + 17X782 + 12X783 + 25X784 + 26X785 >= 15

Fuente: Elaboración propia

Anexo A7: Información del proyecto 7

O.C.:	F00HK01901
# de muestras:	15
# de componentes:	6
Fecha de construcción	29/10/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt	15	15	15	15	15		
48	1,000	16	14	9	21	23	15	16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 15
49	1,000	17	15	10	22	19	15	17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 15
75	1,000	18	17	12	25	26	15	18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 15
79	1,000	18	17	12	25	26	15	18X791 + 17X792 + 12X793 + 25X794 + 26X795 >= 15
77	15,000	18	17	12	25	26	225	18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 225
80	1,000	18	17	12	25	26	15	18X801 + 17X802 + 12X803 + 25X804 + 26X805 >= 15

Fuente: Elaboración propia

Anexo A8: Información del proyecto 8

# de muestras:	12
# de componentes:	30
Fecha de construcción:	21/11/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt	15	15	15	15	15		
6	1,000	295	250	203	386	452	12	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 12
13	1,000	91	88	64	128	133	12	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 12
14	1,000	25	21	16	33	38	12	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 12
15	1,000	14	13	9	20	22	12	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 12
16	1,000	14	13	9	20	21	12	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 12
18	1,000	23	20	15	31	25	12	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 12
22	1,000	97	87	66	128	144	12	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 12
23	1,000	62	56	43	82	92	12	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 12
27	3,000	102	93	70	137	151	36	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 36
29	1,000	73	37	29	56	69	12	73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 12
38	1,000	10	9	5	13	14	12	10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 12
50	1,000	9	8	6	14	15	12	9X501 + 8X502 + 6X503 + 14X504 + 15X505 >= 12
51	2,000	141	140	100	201	202	24	141X511 + 140X512 + 100X513 + 201X514 + 202X515 >= 24
52	1,000	88	88	63	126	127	12	88X521 + 88X522 + 63X523 + 126X524 + 127X525 >= 12
53	1,000	8	8	6	12	14	12	8X531 + 8X532 + 6X533 + 12X534 + 14X535 >= 12
54	1,000	113	112	80	161	162	12	113X541 + 112X542 + 80X543 + 161X544 + 162X545 >= 12
55	1,000	11	10	7	15	17	12	11X551 + 10X552 + 7X553 + 15X554 + 17X555 >= 12
56	1,000	84	78	58	115	123	12	84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 12
57	1,000	100	97	70	140	144	12	100X571 + 97X572 + 70X573 + 140X574 + 144X575 >= 12
58	1,000	55	52	38	75	80	12	55X581 + 52X582 + 38X583 + 75X584 + 80X585 >= 12
59	1,000	28	25	20	38	43	12	28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 12
60	1,000	10	9	6	29	15	12	10X601 + 9X602 + 6X603 + 29X604 + 15X605 >= 12
61	1,000	30	27	20	99	45	12	30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 12
62	1,000	30	27	20	99	45	12	30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 12
63	1,000	75	73	53	105	108	12	75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 12
64	1,000	30	27	20	99	45	12	30X641 + 27X642 + 20X643 + 99X644 + 45X645 >= 12
81	1,000	18	17	12	25	26	12	18X811 + 17X812 + 12X813 + 25X814 + 26X815 >= 12
82	1,000	18	17	12	25	26	12	18X821 + 17X822 + 12X823 + 25X824 + 26X825 >= 12

Fuente: Elaboración propia

Anexo A9: Información del proyecto 9

# de muestras:	12
# de componentes:	30
Fecha de construcción	21/11/2018

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt	12	12	12	12			
6	1,000	295	250	203	386	452	12	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 12
13	1,000	91	88	64	128	133	12	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 12
14	1,000	25	21	16	33	38	12	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 12
15	1,000	14	13	9	20	22	12	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 12
16	1,000	14	13	9	20	21	12	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 12
18	1,000	23	20	15	31	25	12	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 12
22	1,000	97	87	66	128	144	12	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 12
23	1,000	62	56	43	82	92	12	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 12
27	3,000	102	93	70	137	151	36	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 36
29	1,000	73	37	29	56	69	12	73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 12
38	1,000	10	9	5	13	14	12	10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 12
50	1,000	9	8	6	14	15	12	9X501 + 8X502 + 6X503 + 14X504 + 15X505 >= 12
51	2,000	141	140	100	201	202	24	141X511 + 140X512 + 100X513 + 201X514 + 202X515 >= 24
52	1,000	88	88	63	126	127	12	88X521 + 88X522 + 63X523 + 126X524 + 127X525 >= 12
53	1,000	8	8	6	12	14	12	8X531 + 8X532 + 6X533 + 12X534 + 14X535 >= 12
54	1,000	113	112	80	161	162	12	113X541 + 112X542 + 80X543 + 161X544 + 162X545 >= 12
55	1,000	11	10	7	15	17	12	11X551 + 10X552 + 7X553 + 15X554 + 17X555 >= 12
56	1,000	84	78	58	115	123	12	84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 12
57	1,000	100	97	70	140	144	12	100X571 + 97X572 + 70X573 + 140X574 + 144X575 >= 12
58	1,000	55	52	38	75	80	12	55X581 + 52X582 + 38X583 + 75X584 + 80X585 >= 12
59	1,000	28	25	20	38	43	12	28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 12
61	1,000	30	27	20	99	45	12	30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 12
62	1,000	30	27	20	99	45	12	30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 12
63	1,000	75	73	53	105	108	12	75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 12
64	1,000	30	27	20	99	45	12	30X641 + 27X642 + 20X643 + 99X644 + 45X645 >= 12
65	1,000	10	9	6	29	15	12	10X651 + 9X652 + 6X653 + 29X654 + 15X655 >= 12
81	1,000	18	17	12	25	26	12	18X811 + 17X812 + 12X813 + 25X814 + 26X815 >= 12
82	1,000	18	17	12	25	26	12	18X821 + 17X822 + 12X823 + 25X824 + 26X825 >= 12

Fuente: Elaboración propia

Anexo A10: Información del proyecto 10, 11 y 12

# de muestras:	1
# de componentes:	1
Fecha de construcción	01/02/2019

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt	12	12	12	12			
83	1,000	18	17	12	25	26	1	18X831 + 17X832 + 12X833 + 25X834 + 26X835 >= 1

Fuente: Elaboración propia

Anexo A11: Información del proyecto 13

# de muestras:	50
# de componentes:	30
Fecha de construcción	CW48

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt							
4	1,000	12	12	8	16	17	50	12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 50
5	1,000	106	87	71	135	163	50	106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 50
6	1,000	295	250	203	386	452	50	295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 50
7	1,000	88	88	63	126	127	50	88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 50
8	1,000	113	112	80	161	162	50	113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 50
11	1,000	100	97	70	140	144	50	100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 50
13	1,000	91	88	64	128	133	50	91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 50
14	1,000	25	21	16	33	38	50	25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 50
15	1,000	14	13	9	20	22	50	14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 50
16	1,000	14	13	9	20	21	50	14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 50
18	1,000	23	20	15	31	25	50	23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 50
22	1,000	97	87	66	128	144	50	97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 50
23	1,000	62	56	43	82	92	50	62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 50
26	1,000	40	37	28	124	60	50	40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 50
27	4,000	102	93	70	137	151	200	102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 200
29	1,000	73	37	29	56	69	50	73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 50
30	1,000	55	52	38	75	80	50	55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 50
38	1,000	10	9	5	13	14	50	10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 50
56	1,000	84	78	58	115	123	50	84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 50
59	1,000	28	25	20	38	43	50	28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 50

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt							
61	1,000	30	27	20	99	45	50	30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 50
62	1,000	30	27	20	99	45	50	30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 50
63	1,000	75	73	53	105	108	50	75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 50
66	1,000	9	8	6	14	15	50	9X661 + 8X662 + 6X663 + 14X664 + 15X665 >= 50
67	1,000	28	27	19	40	40	50	28X671 + 27X672 + 19X673 + 40X674 + 40X675 >= 50
68	2,000	141	140	100	201	202	100	141X681 + 140X682 + 100X683 + 201X684 + 202X685 >= 100
69	1,000	8	8	6	12	14	50	8X691 + 8X692 + 6X693 + 12X694 + 14X695 >= 50
70	1,000	46	46	33	66	67	50	46X701 + 46X702 + 33X703 + 66X704 + 67X705 >= 50
71	1,000	10	9	6	29	15	50	10X711 + 9X712 + 6X713 + 29X714 + 15X715 >= 50
84	1,000	18	17	12	25	26	50	18X841 + 17X842 + 12X843 + 25X844 + 26X845 >= 50

Fuente: Elaboración propia

Anexo A12: Información del proyecto 14

# de muestras:	500
# de componentes:	6
Fecha de construcción:	CW48

Lista General de Componentes		Capacidad componentes CH1	Capacidad componentes CH2	Capacidad componentes CH3	Capacidad componentes CH4	Capacidad componentes CH5	Número Total de muestras	Restricciones
C.I.	Qt	500	500	500	500	500		
48	1,000	16	14	9	21	23	500	16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 500
49	1,000	17	15	10	22	19	500	17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 500
75	1,000	18	17	12	25	26	500	18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 500
76	1,000	18	17	12	25	26	500	18X761 + 17X762 + 12X763 + 25X764 + 26X765 >= 500
77	5,000	18	17	12	25	26	2500	18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 2500
78	1,000	18	17	12	25	26	500	18X781 + 17X782 + 12X783 + 25X784 + 26X785 >= 500

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes en cada charola mediante LINDO

Anexo B1: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 2, 33, y 67, en cada charola mediante LINDO.....	75
Anexo B2: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 3, 34, 35, 51 y 68, en cada charola mediante LINDO.....	75
Anexo B3: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 4, en cada charola mediante LINDO.....	76
Anexo B4: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 5, en cada charola mediante LINDO.....	76
Anexo B5: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 6, en cada charola mediante LINDO.....	77
Anexo B6: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 7, 36, y 52, en cada charola mediante LINDO.....	77
Anexo B7: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 8, y 54, en cada charola mediante LINDO.....	78
Anexo B8: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 9, en cada charola mediante LINDO.....	78
Anexo B9: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 10, 53 y 69, en cada charola mediante LINDO.....	79
Anexo B10: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 11, y 57, en cada charola mediante LINDO.....	79
Anexo B11: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 12, en cada charola mediante LINDO.	80
Anexo B12: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 13, en cada charola mediante LINDO.	80

Anexo B13: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 14, en cada charola mediante LINDO.	81
Anexo B14: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 15, en cada charola mediante LINDO.	81
Anexo B15: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 16, en cada charola mediante LINDO.	82
Anexo B16: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 17, y 49, en cada charola mediante LINDO.....	82
Anexo B17: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 18, en cada charola mediante LINDO.	83
Anexo B18: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 19, 45 y 46, en cada charola mediante LINDO.....	83
Anexo B19: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 20, en cada charola mediante LINDO.	84
Anexo B20: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 21 y 56, en cada charola mediante LINDO.....	84
Anexo B21: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 22 y 41, en cada charola mediante LINDO.....	85
Anexo B22: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 23, en cada charola mediante LINDO.	85
Anexo B23: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 24, 43, 60 65, 71 y 72, en cada charola mediante LINDO.....	86
Anexo B24: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 25, 44, 61, 62 y 64, en cada charola mediante LINDO.....	86
Anexo B25: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 26 y 47, en cada charola mediante LINDO.....	87
Anexo B26: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 27, en cada charola mediante LINDO.	87
Anexo B27: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 28, en cada charola mediante LINDO.	88
Anexo B28: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 30, en cada charola mediante LINDO.	88

Anexo B29: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 37, en cada charola mediante LINDO.	89
Anexo B30: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 38, en cada charola mediante LINDO.	89
Anexo B31: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 39, en cada charola mediante LINDO.	90
Anexo B32: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 40, en cada charola mediante LINDO.	90
Anexo B33: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 42, en cada charola mediante LINDO.	91
Anexo B34: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 48, en cada charola mediante LINDO.	91
Anexo B35: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 55, en cada charola mediante LINDO.	92
Anexo B36: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 59, en cada charola mediante LINDO.	92
Anexo B37: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 63 y 73, en cada charola mediante LINDO.....	93
Anexo B38: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 70, en cada charola mediante LINDO.	93
Anexo B39: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 74 al 85, en cada charola mediante LINDO.....	94

Anexo B1: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 2, 33, y 67, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C2 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
16X111 + 16X121 + 16X131 <= 25
0.5X211 + 0.5X221 + 0.5X231 <= 40
0.5X311 + 0.5X321 + 0.5X331 <= 30

16X112 + 16X122 + 16X132 <= 15
0.5X212 + 0.5X222 + 0.5X232 <= 40
0.5X312 + 0.5X322 + 0.5X332 <= 30

16X113 + 16X123 + 16X133 <= 15
0.5X213 + 0.5X223 + 0.5X233 <= 30
0.5X313 + 0.5X323 + 0.5X333 <= 20

16X114 + 16X124 + 16X134 <= 25
0.5X214 + 0.5X224 + 0.5X234 <= 60
0.5X314 + 0.5X324 + 0.5X334 <= 40

16X115 + 16X125 + 16X135 <= 40
0.5X215 + 0.5X225 + 0.5X235 <= 60
0.5X315 + 0.5X325 + 0.5X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B2: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 3, 34, 35, 51 y 68, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C3 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
16X111 + 16X121 + 16X131 <= 25
0.5X211 + 0.5X221 + 0.5X231 <= 30
0.5X311 + 0.5X321 + 0.5X331 <= 25

16X112 + 16X122 + 16X132 <= 15
0.5X212 + 0.5X222 + 0.5X232 <= 30
0.5X312 + 0.5X322 + 0.5X332 <= 25

16X113 + 16X123 + 16X133 <= 15
0.5X213 + 0.5X223 + 0.5X233 <= 30
0.5X313 + 0.5X323 + 0.5X333 <= 20

16X114 + 16X124 + 16X134 <= 25
0.5X214 + 0.5X224 + 0.5X234 <= 60
0.5X314 + 0.5X324 + 0.5X334 <= 40

16X115 + 16X125 + 16X135 <= 40
0.5X215 + 0.5X225 + 0.5X235 <= 60
0.5X315 + 0.5X325 + 0.5X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B3: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 4, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C4 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
15X111 + 15X121 + 15X131 <= 25
10X211 + 10X221 + 10X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

15X112 + 15X122 + 15X132 <= 15
10X212 + 10X222 + 10X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

15X113 + 15X123 + 15X133 <= 15
10X213 + 10X223 + 10X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

15X114 + 15X124 + 15X134 <= 25
10X214 + 10X224 + 10X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

15X115 + 15X125 + 15X135 <= 40
10X215 + 10X225 + 10X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B4: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 5, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C5 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
0.54X111 + 0.54X121 + 0.54X131 <= 25
0.75X211 + 0.75X221 + 0.75X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

0.54X112 + 0.54X122 + 0.54X132 <= 15
0.75X212 + 0.75X222 + 0.75X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

0.54X113 + 0.54X123 + 0.54X133 <= 15
0.75X213 + 0.75X223 + 0.75X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

0.54X114 + 0.54X124 + 0.54X134 <= 25
0.75X214 + 0.75X224 + 0.75X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

0.54X115 + 0.54X125 + 0.54X135 <= 40
0.75X215 + 0.75X225 + 0.75X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B5: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 6, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C6 POR CHS.Itx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
0.225X111 + 0.225X121 + 0.225X131 <= 25
0.225X211 + 0.225X221 + 0.225X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

0.225X112 + 0.225X122 + 0.225X132 <= 15
0.225X212 + 0.225X222 + 0.225X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

0.225X113 + 0.225X123 + 0.225X133 <= 15
0.225X213 + 0.225X223 + 0.225X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

0.225X114 + 0.225X124 + 0.225X134 <= 25
0.225X214 + 0.225X224 + 0.225X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

0.225X115 + 0.225X125 + 0.225X135 <= 40
0.225X215 + 0.225X225 + 0.225X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B6: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 7, 36, y 52, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C7 POR CHS.Itx
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
14X111 + 14X121 + 14X131 <= 25
0.8X211 + 0.8X221 + 0.8X231 <= 40
0.8X311 + 0.8X321 + 0.8X331 <= 30

14X112 + 14X122 + 14X132 <= 15
0.8X212 + 0.8X222 + 0.8X232 <= 40
0.8X312 + 0.8X322 + 0.8X332 <= 30

14X113 + 14X123 + 14X133 <= 15
0.8X213 + 0.8X223 + 0.8X233 <= 30
0.8X313 + 0.8X323 + 0.8X333 <= 20

14X114 + 14X124 + 14X134 <= 25
0.8X214 + 0.8X224 + 0.8X234 <= 60
0.8X314 + 0.8X324 + 0.8X334 <= 40

14X115 + 14X125 + 14X135 <= 40
0.8X215 + 0.8X225 + 0.8X235 <= 60
0.8X315 + 0.8X325 + 0.8X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B7: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 8, y 54, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C8 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
19.7X111 + 19.7X121 + 19.7X131 <= 25
0.62X211 + 0.62X221 + 0.62X231 <= 40
0.62X311 + 0.62X321 + 0.62X331 <= 30

19.7X112 + 19.7X122 + 19.7X132 <= 15
0.62X212 + 0.62X222 + 0.62X232 <= 40
0.62X312 + 0.62X322 + 0.62X332 <= 30

19.7X113 + 19.7X123 + 19.7X133 <= 15
0.62X213 + 0.62X223 + 0.62X233 <= 30
0.62X313 + 0.62X323 + 0.62X333 <= 20

19.7X114 + 19.7X124 + 19.7X134 <= 25
0.62X214 + 0.62X224 + 0.62X234 <= 60
0.62X314 + 0.62X324 + 0.62X334 <= 40

19.7X115 + 19.7X125 + 19.7X135 <= 40
0.62X215 + 0.62X225 + 0.62X235 <= 60
0.62X315 + 0.62X325 + 0.62X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B8: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 9, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C9 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
19.5X111 + 19.5X121 + 19.5X131 <= 25
19.5X211 + 19.5X221 + 19.5X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

19.5X112 + 19.5X122 + 19.5X132 <= 15
19.5X212 + 19.5X222 + 19.5X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

19.5X113 + 19.5X123 + 19.5X133 <= 15
19.5X213 + 19.5X223 + 19.5X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

19.5X114 + 19.5X124 + 19.5X134 <= 25
19.5X214 + 19.5X224 + 19.5X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

19.5X115 + 19.5X125 + 19.5X135 <= 40
19.5X215 + 19.5X225 + 19.5X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B9: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 10, 53 y 69, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C10 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
12.6X111 + 12.6X121 + 12.6X131 <= 25
8.4X211 + 8.4X221 + 8.4X231 <= 40
8.4X311 + 8.4X321 + 8.4X331 <= 30

12.6X112 + 12.6X122 + 12.6X132 <= 15
8.4X212 + 8.4X222 + 8.4X232 <= 40
8.4X312 + 8.4X322 + 8.4X332 <= 30

12.6X113 + 12.6X123 + 12.6X133 <= 15
8.4X213 + 8.4X223 + 8.4X233 <= 30
8.4X313 + 8.4X323 + 8.4X333 <= 20

12.6X114 + 12.6X124 + 12.6X134 <= 25
8.4X214 + 8.4X224 + 8.4X234 <= 60
8.4X314 + 8.4X324 + 8.4X334 <= 40

12.6X115 + 12.6X125 + 12.6X135 <= 40
8.4X215 + 8.4X225 + 8.4X235 <= 60
8.4X315 + 8.4X325 + 8.4X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B10: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 11, y 57, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C11 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
3.475X111 + 3.475X121 + 3.475X131 <= 25
0.75X211 + 0.75X221 + 0.75X231 <= 40
0.75X311 + 0.75X321 + 0.75X331 <= 30

3.475X112 + 3.475X122 + 3.475X132 <= 15
0.75X212 + 0.75X222 + 0.75X232 <= 40
0.75X312 + 0.75X322 + 0.75X332 <= 30

3.475X113 + 3.475X123 + 3.475X133 <= 15
0.75X213 + 0.75X223 + 0.75X233 <= 30
0.75X313 + 0.75X323 + 0.75X333 <= 20

3.475X114 + 3.475X124 + 3.475X134 <= 25
0.75X214 + 0.75X224 + 0.75X234 <= 60
0.75X314 + 0.75X324 + 0.75X334 <= 40

3.475X115 + 3.475X125 + 3.475X135 <= 40
0.75X215 + 0.75X225 + 0.75X235 <= 60
0.75X315 + 0.75X325 + 0.75X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B11: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 12, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C12 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
30.9X111 + 30.9X121 + 30.9X131 <= 25
30.9X211 + 30.9X221 + 30.9X231 <=40
1.5X311 + 1.5X321 + 1.5X331 <= 30

30.9X112 + 30.9X122 + 30.9X132 <= 15
30.9X212 + 30.9X222 + 30.9X232 <= 40
1.5X312 + 1.5X322 + 1.5X332 <= 30

30.9X113 + 30.9X123 + 30.9X133 <= 15
30.9X213 + 30.9X223 + 30.9X233 <= 30
1.5X313 + 1.5X323 + 1.5X333 <= 20

30.9X114 + 30.9X124 + 30.9X134 <= 25
30.9X214 + 30.9X224 + 30.9X234 <= 60
1.5X314 + 1.5X324 + 1.5X334 <= 40

30.9X115 + 30.9X125 + 30.9X135 <= 40
30.9X215 + 30.9X225 + 30.9X235 <= 60
1.5X315 + 1.5X325 + 1.5X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B12: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 13, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C13 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
3.16X111 + 3.16X121 + 3.16X131 <= 25
0.82X211 + 0.82X221 + 0.82X231 <=40
0.82X311 + 0.82X321 + 0.82X331 <= 30

3.16X112 + 3.16X122 + 3.16X132 <= 15
0.82X212 + 0.82X222 + 0.82X232 <= 40
0.82X312 + 0.82X322 + 0.82X332 <= 30

3.16X113 + 3.16X123 + 3.16X133 <= 15
0.82X213 + 0.82X223 + 0.82X233 <= 30
0.82X313 + 0.82X323 + 0.82X333 <= 20

3.16X114 + 3.16X124 + 3.16X134 <= 25
0.82X214 + 0.82X224 + 0.82X234 <= 60
0.82X314 + 0.82X324 + 0.82X334 <= 40

3.16X115 + 3.16X125 + 3.16X135 <= 40
0.82X215 + 0.82X225 + 0.82X235 <= 60
0.82X315 + 0.82X325 + 0.82X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B13: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 14, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C14 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
3.05X111 + 3.05X121 + 3.05X131 <= 25
3.95X211 + 3.95X221 + 3.95X231 <=40
3.95X311 + 3.95X321 + 3.95X331 <= 30

3.05X112 + 3.05X122 + 3.05X132 <= 15
3.95X212 + 3.95X222 + 3.95X232 <= 40
3.95X312 + 3.95X322 + 3.95X332 <= 30

3.05X113 + 3.05X123 + 3.05X133 <= 15
3.95X213 + 3.95X223 + 3.95X233 <= 30
3.95X313 + 3.95X323 + 3.95X333 <= 20

3.05X114 + 3.05X124 + 3.05X134 <= 25
3.95X214 + 3.95X224 + 3.95X234 <= 60
3.95X314 + 3.95X324 + 3.95X334 <= 40

3.05X115 + 3.05X125 + 3.05X135 <= 40
3.95X215 + 3.95X225 + 3.95X235 <= 60
3.95X315 + 3.95X325 + 3.95X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B14: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 15, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C15 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
9.72X111 + 9.72X121 + 9.72X131 <= 25
5.11X211 + 5.11X221 + 5.11X231 <=40
5.11X311 + 5.11X321 + 5.11X331 <= 30

9.72X112 + 9.72X122 + 9.72X132 <= 15
5.11X212 + 5.11X222 + 5.11X232 <= 40
5.11X312 + 5.11X322 + 5.11X332 <= 30

9.72X113 + 9.72X123 + 9.72X133 <= 15
5.11X213 + 5.11X223 + 5.11X233 <= 30
5.11X313 + 5.11X323 + 5.11X333 <= 20

9.72X114 + 9.72X124 + 9.72X134 <= 25
5.11X214 + 5.11X224 + 5.11X234 <= 60
5.11X314 + 5.11X324 + 5.11X334 <= 40

9.72X115 + 9.72X125 + 9.72X135 <= 40
5.11X215 + 5.11X225 + 5.11X235 <= 60
5.11X315 + 5.11X325 + 5.11X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B15: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 16, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C16 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
12X111 + 12X121 + 12X131 <= 25
5.06X211 + 5.06X221 + 5.06X231 <=40
5.06X311 + 5.06X321 + 5.06X331 <= 30

12X112 + 12X122 + 12X132 <= 15
5.06X212 + 5.06X222 + 5.06X232 <= 40
5.06X312 + 5.06X322 + 5.06X332 <= 30

12X113 + 12X123 + 12X133 <= 15
5.06X213 + 5.06X223 + 5.06X233 <= 30
5.06X313 + 5.06X323 + 5.06X333 <= 20

12X114 + 12X124 + 12X134 <= 25
5.06X214 + 5.06X224 + 5.06X234 <= 60
5.06X314 + 5.06X324 + 5.06X334 <= 40

12X115 + 12X125 + 12X135 <= 40
5.06X215 + 5.06X225 + 5.06X235 <= 60
5.06X315 + 5.06X325 + 5.06X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B16: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 17, y 49, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C17 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
7.72X111 + 7.72X121 + 7.72X131 <= 25
5.623X211 + 5.623X221 + 5.623X231 <=40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

7.72X112 + 7.72X122 + 7.72X132 <= 15
5.623X212 + 5.623X222 + 5.623X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

7.72X113 + 7.72X123 + 7.72X133 <= 15
5.623X213 + 5.623X223 + 5.623X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

7.72X114 + 7.72X124 + 7.72X134 <= 25
5.623X214 + 5.623X224 + 5.623X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

7.72X115 + 7.72X125 + 7.72X135 <= 40
5.623X215 + 5.623X225 + 5.623X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B17: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 18, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C18 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
4.02X111 + 4.02X121 + 4.02X131 <= 25
3.767X211 + 3.767X221 + 3.767X231 <=40
3.767X311 + 3.767X321 + 3.767X331 <= 30

4.02X112 + 4.02X122 + 4.02X132 <= 15
3.767X212 + 3.767X222 + 3.767X232 <= 40
3.767X312 + 3.767X322 + 3.767X332 <= 30

4.02X113 + 4.02X123 + 4.02X133 <= 15
3.767X213 + 3.767X223 + 3.767X233 <= 30
3.767X313 + 3.767X323 + 3.767X333 <= 20

4.02X114 + 4.02X124 + 4.02X134 <= 25
3.767X214 + 3.767X224 + 3.767X234 <= 60
3.767X314 + 3.767X324 + 3.767X334 <= 40

4.02X115 + 4.02X125 + 4.02X135 <= 40
3.767X215 + 3.767X225 + 3.767X235 <= 60
3.767X315 + 3.767X325 + 3.767X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B18: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 19, 45 y 46, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C19 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
1.21X111 + 1.21X121 + 1.21X131 <= 25
2.21X211 + 2.21X221 + 2.21X231 <=40
4.21X311 + 4.21X321 + 4.21X331 <= 30

1.21X112 + 1.21X122 + 1.21X132 <= 15
2.21X212 + 2.21X222 + 2.21X232 <= 40
4.21X312 + 4.21X322 + 4.21X332 <= 30

1.21X113 + 1.21X123 + 1.21X133 <= 15
2.21X213 + 2.21X223 + 2.21X233 <= 30
4.21X313 + 4.21X323 + 4.21X333 <= 20

1.21X114 + 1.21X124 + 1.21X134 <= 25
2.21X214 + 2.21X224 + 2.21X234 <= 60
4.21X314 + 4.21X324 + 4.21X334 <= 40

1.21X115 + 1.21X125 + 1.21X135 <= 40
2.21X215 + 2.21X225 + 2.21X235 <= 60
4.21X315 + 4.21X325 + 4.21X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B19: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 20, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C20 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
2.908X111 + 2.908X121 + 2.908X131 <= 25
1.481X211 + 1.481X221 + 1.481X231 <= 40
1.481X311 + 1.481X321 + 1.481X331 <= 30

2.908X112 + 2.908X122 + 2.908X132 <= 15
1.481X212 + 1.481X222 + 1.481X232 <= 40
1.481X312 + 1.481X322 + 1.481X332 <= 30

2.908X113 + 2.908X123 + 2.908X133 <= 15
1.481X213 + 1.481X223 + 1.481X233 <= 30
1.481X313 + 1.481X323 + 1.481X333 <= 20

2.908X114 + 2.908X124 + 2.908X134 <= 25
1.481X214 + 1.481X224 + 1.481X234 <= 60
1.481X314 + 1.481X324 + 1.481X334 <= 40

2.908X115 + 2.908X125 + 2.908X135 <= 40
1.481X215 + 1.481X225 + 1.481X235 <= 60
1.481X315 + 1.481X325 + 1.481X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B20: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 21 y 56, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C21 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
1.78X111 + 1.78X121 + 1.78X131 <= 25
0.978X211 + 0.978X221 + 0.978X231 <= 40
0.978X311 + 0.978X321 + 0.978X331 <= 30

1.78X112 + 1.78X122 + 1.78X132 <= 15
0.978X212 + 0.978X222 + 0.978X232 <= 40
0.978X312 + 0.978X322 + 0.978X332 <= 30

1.78X113 + 1.78X123 + 1.78X133 <= 15
0.978X213 + 0.978X223 + 0.978X233 <= 30
0.978X313 + 0.978X323 + 0.978X333 <= 20

1.78X114 + 1.78X124 + 1.78X134 <= 25
0.978X214 + 0.978X224 + 0.978X234 <= 60
0.978X314 + 0.978X324 + 0.978X334 <= 40

1.78X115 + 1.78X125 + 1.78X135 <= 40
0.978X215 + 0.978X225 + 0.978X235 <= 60
0.978X315 + 0.978X325 + 0.978X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B21: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 22 y 41, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C22 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
0.963X111 + 0.963X121 + 0.963X131 <= 25
0.963X211 + 0.963X221 + 0.963X231 <=40
0.963X311 + 0.963X321 + 0.963X331 <= 30

0.963X112 + 0.963X122 + 0.963X132 <= 15
0.963X212 + 0.963X222 + 0.963X232 <= 40
0.963X312 + 0.963X322 + 0.963X332 <= 30

0.963X113 + 0.963X123 + 0.963X133 <= 15
0.963X213 + 0.963X223 + 0.963X233 <= 30
0.963X313 + 0.963X323 + 0.963X333 <= 20

0.963X114 + 0.963X124 + 0.963X134 <= 25
0.963X214 + 0.963X224 + 0.963X234 <= 60
0.963X314 + 0.963X324 + 0.963X334 <= 40

0.963X115 + 0.963X125 + 0.963X135 <= 40
0.963X215 + 0.963X225 + 0.963X235 <= 60
0.963X315 + 0.963X325 + 0.963X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B22: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 23, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C23 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
1.5X111 + 1.5X121 + 1.5X131 <= 25
1.5X211 + 1.5X221 + 1.5X231 <=40
1.5X311 + 1.5X321 + 1.5X331 <= 30

1.5X112 + 1.5X122 + 1.5X132 <= 15
1.5X212 + 1.5X222 + 1.5X232 <= 40
1.5X312 + 1.5X322 + 1.5X332 <= 30

1.5X113 + 1.5X123 + 1.5X133 <= 15
1.5X213 + 1.5X223 + 1.5X233 <= 30
1.5X313 + 1.5X323 + 1.5X333 <= 20

1.5X114 + 1.5X124 + 1.5X134 <= 25
1.5X214 + 1.5X224 + 1.5X234 <= 60
1.5X314 + 1.5X324 + 1.5X334 <= 40

1.5X115 + 1.5X125 + 1.5X135 <= 40
1.5X215 + 1.5X225 + 1.5X235 <= 60
1.5X315 + 1.5X325 + 1.5X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B23: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 24, 43, 60 65, 71 y 72, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C24 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
15.9X111 + 15.9X121 + 15.9X131 <= 25
6.7X211 + 6.7X221 + 6.7X231 <=40
6.7X311 + 6.7X321 + 6.7X331 <= 30

15.9X112 + 15.9X122 + 15.9X132 <= 15
6.7X212 + 6.7X222 + 6.7X232 <= 40
6.7X312 + 6.7X322 + 6.7X332 <= 30

15.9X113 + 15.9X123 + 15.9X133 <= 15
6.7X213 + 6.7X223 + 6.7X233 <= 30
6.7X313 + 6.7X323 + 6.7X333 <= 20

15.9X114 + 15.9X124 + 15.9X134 <= 256.7
6.7X214 + 6.7X224 + 6.7X234 <= 60
6.7X314 + 6.7X324 + 6.7X334 <= 40

15.9X115 + 15.9X125 + 15.9X135 <= 40
6.7X215 + 6.7X225 + 6.7X235 <= 60
6.7X315 + 6.7X325 + 6.7X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B24: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 25, 44, 61, 62 y 64, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C25 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
4X111 + 4X121 + 4X131 <= 25
2.3X211 + 2.3X221 + 2.3X231 <=40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

4X112 + 4X122 + 4X132 <= 15
2.3X212 + 2.3X222 + 2.3X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

4X113 + 4X123 + 4X133 <= 15
2.3X213 + 2.3X223 + 2.3X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

4X114 + 4X124 + 4X134 <= 256.7
2.3X214 + 2.3X224 + 2.3X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

4X115 + 4X125 + 4X135 <= 40
2.3X215 + 2.3X225 + 2.3X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B25: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 26 y 47, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C26 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
3.4X111 + 3.4X121 + 3.4X131 <= 25
1.5X211 + 1.5X221 + 1.5X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

3.4X112 + 3.4X122 + 3.4X132 <= 15
1.5X212 + 1.5X222 + 1.5X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

3.4X113 + 3.4X123 + 3.4X133 <= 15
1.5X213 + 1.5X223 + 1.5X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

3.4X114 + 3.4X124 + 3.4X134 <= 256.7
1.5X214 + 1.5X224 + 1.5X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

3.4X115 + 3.4X125 + 3.4X135 <= 40
1.5X215 + 1.5X225 + 1.5X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B26: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 27, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C27 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
1.1X111 + 1.1X121 + 1.1X131 <= 25
0.86X211 + 0.86X221 + 0.86X231 <= 40
0.86X311 + 0.86X321 + 0.86X331 <= 30

1.1X112 + 1.1X122 + 1.1X132 <= 15
0.86X212 + 0.86X222 + 0.86X232 <= 40
0.86X312 + 0.86X322 + 0.86X332 <= 30

1.1X113 + 1.1X123 + 1.1X133 <= 15
0.86X213 + 0.86X223 + 0.86X233 <= 30
0.86X313 + 0.86X323 + 0.86X333 <= 20

1.1X114 + 1.1X124 + 1.1X134 <= 25
0.86X214 + 0.86X224 + 0.86X234 <= 60
0.86X314 + 0.86X324 + 0.86X334 <= 40

1.1X115 + 1.1X125 + 1.1X135 <= 40
0.86X215 + 0.86X225 + 0.86X235 <= 60
0.86X315 + 0.86X325 + 0.86X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B27: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 28, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C29 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
1. 21X111 + 1. 21X121 + 1. 21X131 <= 25
2. 21X211 + 0. 86X221 + 0. 86X231 <= 40
4. 1X311 + 4. 1X321 + 4. 1X331 <= 30

1. 21X112 + 1. 21X122 + 1. 21X132 <= 15
2. 21X212 + 2. 21X222 + 2. 21X232 <= 40
4. 1X312 + 4. 1X322 + 4. 1X332 <= 30

1. 21X113 + 1. 21X123 + 1. 21X133 <= 15
2. 21X213 + 2. 21X223 + 2. 21X233 <= 30
4. 1X313 + 4. 1X323 + 4. 1X333 <= 20

1. 21X114 + 1. 21X124 + 1. 21X134 <= 25
2. 21X214 + 2. 21X224 + 2. 21X234 <= 60
4. 1X314 + 4. 1X324 + 4. 1X334 <= 40

1. 21X115 + 1. 21X125 + 1. 21X135 <= 40
2. 21X215 + 2. 21X225 + 2. 21X235 <= 60
4. 1X315 + 4. 1X325 + 4. 1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B28: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 30, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C30 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
2. 908X111 + 2. 908X121 + 2. 908X131 <= 25
1. 481X211 + 1. 481X221 + 1. 481X231 <= 40
1. 481X311 + 1. 481X321 + 1. 481X331 <= 30

2. 908X112 + 2. 908X122 + 2. 908X132 <= 15
1. 481X212 + 1. 481X222 + 1. 481X232 <= 40
1. 481X312 + 1. 481X322 + 1. 481X332 <= 30

2. 908X113 + 2. 908X123 + 2. 908X133 <= 15
1. 481X213 + 1. 481X223 + 1. 481X233 <= 30
1. 481X313 + 1. 481X323 + 1. 481X333 <= 20

2. 908X114 + 2. 908X124 + 2. 908X134 <= 25
1. 481X214 + 1. 481X224 + 1. 481X234 <= 60
1. 481X314 + 1. 481X324 + 1. 481X334 <= 40

2. 908X115 + 2. 908X125 + 2. 908X135 <= 40
1. 481X215 + 1. 481X225 + 1. 481X235 <= 60
1. 481X315 + 1. 481X325 + 1. 481X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B29: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 37, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C37 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
22.6X111 + 22.6X121 + 22.6X131 <= 25
1.25X211 + 1.25X221 + 1.25X231 <=40
1.25X311 + 1.25X321 + 1.25X331 <= 30

22.6X112 + 22.6X122 + 22.6X132 <= 15
1.25X212 + 1.25X222 + 1.25X232 <= 40
1.25X312 + 1.25X322 + 1.25X332 <= 30

22.6X113 + 22.6X123 + 22.6X133 <= 15
1.25X213 + 1.25X223 + 1.25X233 <= 30
1.25X313 + 1.25X323 + 1.25X333 <= 20

22.6X114 + 22.6X124 + 22.6X134 <= 25
1.25X214 + 1.25X224 + 1.25X234 <= 60
1.25X314 + 1.25X324 + 1.25X334 <= 40

22.6X115 + 22.6X125 + 22.6X135 <= 40
1.25X215 + 1.25X225 + 1.25X235 <= 60
1.25X315 + 1.25X325 + 1.25X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B30: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 38, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C38 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
19.5X111 + 19.5X121 + 19.5X131 <= 25
19.5X211 + 19.5X221 + 19.5X231 <=40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

19.5X112 + 19.5X122 + 19.5X132 <= 15
19.5X212 + 19.5X222 + 19.5X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

19.5X113 + 19.5X123 + 19.5X133 <= 15
19.5X213 + 19.5X223 + 19.5X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

19.5X114 + 19.5X124 + 19.5X134 <= 25
19.5X214 + 19.5X224 + 19.5X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

19.5X115 + 19.5X125 + 19.5X135 <= 40
19.5X215 + 19.5X225 + 19.5X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B31: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 39, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C39 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
12.7X111 + 12.7X121 + 12.7X131 <= 25
2.88X211 + 2.88X221 + 2.88X231 <=40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

12.7X112 + 12.7X122 + 12.7X132 <= 15
2.88X212 + 2.88X222 + 2.88X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

12.7X113 + 12.7X123 + 12.7X133 <= 15
2.88X213 + 2.88X223 + 2.88X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

12.7X114 + 12.7X124 + 12.7X134 <= 25
2.88X214 + 2.88X224 + 2.88X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

12.7X115 + 12.7X125 + 12.7X135 <= 40
2.88X215 + 2.88X225 + 2.88X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B32: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 40, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C40 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
9.85X111 + 9.85X121 + 9.85X131 <= 25
6.3X211 + 6.3X221 + 6.3X231 <=40
3.038X311 + 3.038X321 + 3.038X331 <= 30

9.85X112 + 9.85X122 + 9.85X132 <= 15
6.3X212 + 6.3X222 + 6.3X232 <= 40
3.038X312 + 3.038X322 + 3.038X332 <= 30

9.85X113 + 9.85X123 + 9.85X133 <= 15
6.3X213 + 6.3X223 + 6.3X233 <= 30
3.038X313 + 3.038X323 + 3.038X333 <= 20

9.85X114 + 9.85X124 + 9.85X134 <= 25
6.3X214 + 6.3X224 + 6.3X234 <= 60
3.038X314 + 3.038X324 + 3.038X334 <= 40

9.85X115 + 9.85X125 + 9.85X135 <= 40
6.3X215 + 6.3X225 + 6.3X235 <= 60
3.038X315 + 3.038X325 + 3.038X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B33: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 42, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C42 POR CHS.Itx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S.T.
12.12X111 + 12.1X121 + 12.1X131 <= 25
1.52X211 + 1.52X221 + 1.52X231 <= 40
1.52X311 + 1.52X321 + 1.52X331 <= 30

12.1X112 + 12.1X122 + 12.1X132 <= 15
1.52X212 + 1.52X222 + 1.52X232 <= 40
1.52X312 + 1.52X322 + 1.52X332 <= 30

12.1X113 + 12.1X123 + 12.1X133 <= 15
1.52X213 + 1.52X223 + 1.52X233 <= 30
1.52X313 + 1.52X323 + 1.52X333 <= 20

12.1X114 + 12.1X124 + 12.1X134 <= 25
1.52X214 + 1.52X224 + 1.52X234 <= 60
1.52X314 + 1.52X324 + 1.52X334 <= 40

12.1X115 + 12.1X125 + 12.1X135 <= 40
1.52X215 + 1.52X225 + 1.52X235 <= 60
1.52X315 + 1.52X325 + 1.52X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B34: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 48, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C48 POR CHS.Itx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S.T.
7.78X111 + 7.78X121 + 7.78X131 <= 25
11.2X211 + 11.2X221 + 11.2X231 <= 40
3X311 + 3X321 + 3X331 <= 30

7.78X112 + 7.78X122 + 7.78X132 <= 15
11.2X212 + 11.2X222 + 11.2X232 <= 40
3X312 + 3X322 + 3X332 <= 30

7.78X113 + 7.78X123 + 7.78X133 <= 15
11.2X213 + 11.2X223 + 11.2X233 <= 30
3X313 + 3X323 + 3X333 <= 20

7.78X114 + 7.78X124 + 7.78X134 <= 25
11.2X214 + 11.2X224 + 11.2X234 <= 60
3X314 + 3X324 + 3X334 <= 40

7.78X115 + 7.78X125 + 7.78X135 <= 40
11.2X215 + 11.2X225 + 11.2X235 <= 60
3X315 + 3X325 + 3X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B35: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 55, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C55 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
10X111 + 10X121 + 10X131 <= 25
15X211 + 15X221 + 15X231 <=40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

10X112 + 10X122 + 10X132 <= 15
15X212 + 15X222 + 15X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

10X113 + 10X123 + 10X133 <= 15
15X213 + 15X223 + 15X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

10X114 + 10X124 + 10X134 <= 25
15X214 + 15X224 + 15X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

10X115 + 10X125 + 10X135 <= 40
15X215 + 15X225 + 15X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B36: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 59, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C59 POR CHS.ltx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335
S. T.
3X111 + 3X121 + 3X131 <= 25
3.69X211 + 3.69X221 + 3.69X231 <=40
2.8X311 + 2.8X321 + 2.8X331 <= 30

3X112 + 3X122 + 3X132 <= 15
3.69X212 + 3.69X222 + 3.69X232 <= 40
2.8X312 + 2.8X322 + 2.8X332 <= 30

3X113 + 3X123 + 3X133 <= 15
3.69X213 + 3.69X223 + 3.69X233 <= 30
2.8X313 + 2.8X323 + 2.8X333 <= 20

3X114 + 3X124 + 3X134 <= 25
3.69X214 + 3.69X224 + 3.69X234 <= 60
2.8X314 + 2.8X324 + 2.8X334 <= 40

3X115 + 3X125 + 3X135 <= 40
3.69X215 + 3.69X225 + 3.69X235 <= 60
2.8X315 + 2.8X325 + 2.8X335 <= 40

END
GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B37: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 63 y 73, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C63 POR CHS.Itx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
4.6X111 + 4.6X121 + 4.6X131 <= 25
X211 + X221 + X231 <= 40
X311 + X321 + X331 <= 30

4.6X112 + 4.6X122 + 4.6X132 <= 15
X212 + X222 + X232 <= 40
X312 + X322 + X332 <= 30

4.6X113 + 4.6X123 + 4.6X133 <= 15
X213 + X223 + X233 <= 30
X313 + X323 + X333 <= 20

4.6X114 + 4.6X124 + 4.6X134 <= 25
X214 + X224 + X234 <= 60
X314 + X324 + X334 <= 40

4.6X115 + 4.6X125 + 4.6X135 <= 40
X215 + X225 + X235 <= 60
X315 + X325 + X335 <= 40

END

GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B38: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima del componente 70, en cada charola mediante LINDO.

```

C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C70 POR CHS.Itx
MAX  X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
30.9X111 + 30.9X121 + 30.9X131 <= 25
1.5X211 + 1.5X221 + 1.5X231 <= 40
1.5X311 + 1.5X321 + 1.5X331 <= 30

30.9X112 + 30.9X122 + 30.9X132 <= 15
1.5X212 + 1.5X222 + 1.5X232 <= 40
1.5X312 + 1.5X322 + 1.5X332 <= 30

30.9X113 + 30.9X123 + 30.9X133 <= 15
1.5X213 + 1.5X223 + 1.5X233 <= 30
1.5X313 + 1.5X323 + 1.5X333 <= 20

30.9X114 + 30.9X124 + 30.9X134 <= 25
1.5X214 + 1.5X224 + 1.5X234 <= 60
1.5X314 + 1.5X324 + 1.5X334 <= 40

30.9X115 + 30.9X125 + 30.9X135 <= 40
1.5X215 + 1.5X225 + 1.5X235 <= 60
1.5X315 + 1.5X325 + 1.5X335 <= 40

END

GIN 45

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo B39: Formulación del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 74 al 85, en cada charola mediante LINDO.

```
C:\USERS\DELL\COMPONENTES POR CHAROLA\C74 POR CHS.ltx
MAX X111+X121+X131+X211+X221+X231+X311+X321+X331+
X112+X122+X132+X212+X222+X232+X312+X322+X332+
X113+X123+X133+X213+X223+X233+X313+X323+X333+
X114+X124+X134+X214+X224+X234+X314+X324+X334+
X115+X125+X135+X215+X225+X235+X315+X325+X335

S. T.
10.3X111 + 10.3X121 + 10.3X131 <= 25
4.1X211 + 4.1X221 + 4.1X231 <= 40
4.1X311 + 4.1X321 + 4.1X331 <= 30

10.3X112 + 10.3X122 + 10.3X132 <= 15
4.1X212 + 4.1X222 + 4.1X232 <= 40
4.1X312 + 4.1X322 + 4.1X332 <= 30

10.3X113 + 10.3X123 + 10.3X133 <= 15
4.1X213 + 4.1X223 + 4.1X233 <= 30
4.1X313 + 4.1X323 + 4.1X333 <= 20

10.3X114 + 10.3X124 + 10.3X134 <= 25
4.1X214 + 4.1X224 + 4.1X234 <= 60
4.1X314 + 4.1X324 + 4.1X334 <= 40

10.3X115 + 10.3X125 + 10.3X135 <= 40
4.1X215 + 4.1X225 + 4.1X235 <= 60
4.1X315 + 4.1X325 + 4.1X335 <= 40

END
GIN 45
```

Fuente: Elaboración propia

ANEXO C: Formulación del Modelo II, para determinar la mezcla óptima de charolas para cada proyecto empleando el volumen mínimo en el almacén mediante LINDO

Anexo C1: Proyecto 2	96
Anexo C2: Proyecto 3	97
Anexo C3: Proyecto 4	98
Anexo C4: Proyecto 5	99
Anexo C5: Proyecto 6	100
Anexo C6: Proyecto 7	101
Anexo C7: Proyecto 8	102
Anexo C8: Proyecto 9	103
Anexo C9: Proyecto 10, 11 y 12	104
Anexo C10: Proyecto 13	105
Anexo C11: Proyecto 14	106

Anexo C1: Proyecto 2

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons]
30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+30X811+30X821 + 30X831+30X841+30X851+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+
18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+
18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+
18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+18X752+18X762+18X772 +18X782+
18X792+18X802+18X812 +18X822+18X832+18X842+18X852+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+
9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+
9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+
9X753+9X763+9X773+9X783+9X793+9X803+9X813+9X823+9X833+9X843+9X853+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+
48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+
48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+
48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+48X794+48X804+48X81 +48X824 +48X834+48X844+
48X854+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+
96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+
96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+
96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+96X795+96X805+96X815+96X825+96X835+96X845+96X855
S.T.
28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + - 40X25 >= 36
141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 72
12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 36
106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 36
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 36
88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 36
113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 36
10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 36
8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 36
100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 36
21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 36
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 36
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 36
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 36
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 36
17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 36
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 36
97X221 + 87X222 + 66X223 + 120X224 + 144X225 >= 36
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 36
40X261 + 37X262 + 28X263 + 154X264 + 60X265 >= 36
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 144
9X281 + 8X282 + 6X283 + 14X284 + 15X285 >= 36
73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 36
55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 36
84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 36
28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 36
30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 36
10X721 + 9X722 + 6X723 + 29X724 + 15X725 >= 36
18X851 + 17X852 + 12X853 + 25X854 + 26X855 >= 36
75X731 + 73X732 + 53X733 + 105X734 + 108X735 >= 36]
END
GIN 423

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C2: Proyecto 3

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons: Save, Undo, Redo, Print, Copy, Paste, Find, etc.]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+30X241+
30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+30X461+30X471+
18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+
18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+
9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+
9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+
48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+
48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+
96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+
96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475

S. T.

295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 80
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 320
55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 80
9X311 + 8X312 + 6X313 + 14X314 + 15X315 >= 80
9X321 + 8X322 + 6X323 + 14X324 + 15X325 >= 80
28X331 + 27X332 + 19X333 + 40X334 + 40X335 >= 80
141X341 + 140X342 + 100X343 + 201X344 + 202X345 >= 80
141X351 + 140X352 + 100X353 + 201X354 + 202X355 >= 80
88X361 + 88X362 + 63X363 + 126X364 + 127X365 >= 80
19X371 + 56X372 + 40X373 + 81X374 + 81X375 >= 80
10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 80
21X391 + 21X392 + 15X393 + 30X394 + 32X395 >= 80
17X401 + 16X402 + 11X403 + 24X404 + 26X405 >= 80
97X411 + 87X412 + 66X413 + 128X414 + 144X415 >= 80
47X421 + 46X422 + 33X423 + 67X424 + 68X425 >= 80
10X431 + 9X432 + 6X433 + 29X434 + 15X435 >= 80
30X441 + 27X442 + 20X443 + 99X444 + 45X445 >= 80
45X451 + 37X452 + 29X453 + 56X454 + 69X455 >= 80
45X461 + 37X462 + 29X463 + 56X464 + 69X465 >= 80
40X471 + 37X472 + 28X473 + 124X474 + 60X475 >= 80

END
GIN 235

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C3: Proyecto 4

File Edit Solve Reports Window Help

MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 + 48X724 + 48X734+48X744+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745]

S. T.

9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 15
 28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 15
 141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 30
 12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 15
 106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 15
 295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 15
 88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 15
 113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 15
 10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 15
 8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 15
 100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 15
 21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 15
 91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 15
 25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 15
 14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 15
 14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 15
 17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 15
 23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 15
 45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 15
 55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 15
 84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 15
 97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 15
 62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 15
 10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 15
 30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 15
 40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 15
 102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 60
 18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 15

END
 GIN 369

Fuente: Elaboración propia

Anexo C4: Proyecto 5

```

File Edit Solve Reports Window Help
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+30X241+
30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+30X461+30X471+
30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+30X681+30X691+30X701+
30X711+30X721+30X731+30X741+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+
18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+
18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+
18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+
9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+
9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+
48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+
48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+
48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+
48X71 +48X72 +48X73+48X74+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+
96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+
96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+
96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745
S.T.
9X11 + 8X12 + 6X13 + 14X14 + 15X15 >= 3
28X21 + 27X22 + 19X23 + 40X24 + 40X25 >= 3
141X31 + 140X32 + 100X33 + 201X34 + 202X35 >= 6
12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 3
106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 3
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 3
88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 3
113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 3
10X91 + 9X92 + 5X93 + 13X94 + 14X95 >= 3
8X101 + 8X102 + 6X103 + 12X104 + 14X105 >= 3
100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 3
21X121 + 21X122 + 13X123 + 27X124 + 28X125 >= 3
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 3
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 3
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 3
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 3
17X171 + 15X172 + 10X173 + 22X174 + 19X175 >= 3
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 3
45X191 + 37X192 + 29X193 + 56X194 + 69X195 >= 3
55X201 + 52X202 + 38X203 + 75X204 + 80X205 >= 3
84X211 + 78X212 + 58X213 + 115X214 + 123X215 >= 3
97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 3
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 3
10X241 + 9X242 + 6X243 + 29X244 + 15X245 >= 3
30X251 + 27X252 + 20X253 + 99X254 + 45X255 >= 3
40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 3
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 12
18X741 + 17X742 + 12X743 + 25X744 + 26X745 >= 3
END
GIN 369

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C5: Proyecto 6

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+
30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+
30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+
30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+
18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+
18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+
18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+18X752+18X762+18X772 +18X782+
9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+
9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+
9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+
48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+
48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+
48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+
48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+
96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+
96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+
96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785
S. T.
16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 15
17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 15
18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 15
18X761 + 17X762 + 12X763 + 25X764 + 26X765 >= 15
18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 225
18X781 + 17X782 + 12X783 + 25X784 + 26X785 >= 15
END
GIN 389

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C6: Proyecto 7

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons: Undo, Redo, Copy, Paste, Print, Find, etc.]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+
30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+
30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+
30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+
18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+
18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+
18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+18X752+18X762+
18X772 +18X782+18X792+18X802+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+
9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+
9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+
9X753+9X763+9X773+9X783+9X793+9X803+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+
48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+
48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+
48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+48X794+48X804+96X15+96X25+96X35+96X45+
96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+
96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+
96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+
96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+96X795+96X805
S. T.
16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 15
17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 15
18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 15
18X791 + 17X792 + 12X793 + 25X794 + 26X795 >= 15
18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 225
18X801 + 17X802 + 12X803 + 25X804 + 26X805 >= 15
END
GIN 399

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C7: Proyecto 8

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+
30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+
30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+
30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+30X811+30X821+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+
18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+
18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+
18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+
18X752+18X762+18X772 +18X782+18X792+18X802+18X812 +18X822+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+
9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+
9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+
9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+9X793+9X803+9X813+9X823+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+
48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+
48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+
48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+48X794+
48X804+48X81 +48X824+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+
96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+
96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+
96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+96X795+96X805+96X815+96X825
S.T.
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 12
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 12
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 12
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 12
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 12
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 12
97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 12
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 12
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 36
73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 12
10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 12
9X501 + 8X502 + 6X503 + 14X504 + 15X505 >= 12
141X511 + 140X512 + 100X513 + 201X514 + 202X515 >= 24
88X521 + 88X522 + 63X523 + 126X524 + 127X525 >= 12
8X531 + 8X532 + 6X533 + 12X534 + 14X535 >= 12
113X541 + 112X542 + 80X543 + 161X544 + 162X545 >= 12
11X551 + 10X552 + 7X553 + 15X554 + 17X555 >= 12
84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 12
100X571 + 97X572 + 70X573 + 140X574 + 144X575 >= 12
55X581 + 52X582 + 38X583 + 75X584 + 80X585 >= 12
28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 12
10X601 + 9X602 + 6X603 + 29X604 + 15X605 >= 12
30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 12
30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 12
75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 12
30X641 + 27X642 + 20X643 + 99X644 + 45X645 >= 12
18X811 + 17X812 + 12X813 + 25X814 + 26X815 >= 12
18X821 + 17X822 + 12X823 + 25X824 + 26X825 >= 12
END
GIN 409

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C8: Proyecto 9

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+
30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+
30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+
30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+30X811+30X821+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+
18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+
18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+
18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+
18X752+18X762+18X772 +18X782+18X792+18X802+18X812 +18X822+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+
9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+
9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+
9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+9X793+9X803+9X813+9X823+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+
48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+
48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+
48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+
48X774+48X784+48X794+48X804+48X81 +48X824+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+
96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+
96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+
96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+96X795+96X805+96X815+96X825
S.T.
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 12
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 12
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 12
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 12
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 12
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 12
97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 12
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 12
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 36
73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 12
10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 12
9X501 + 8X502 + 6X503 + 14X504 + 15X505 >= 12
141X511 + 140X512 + 100X513 + 201X514 + 202X515 >= 24
88X521 + 88X522 + 63X523 + 126X524 + 127X525 >= 12
8X531 + 8X532 + 6X533 + 12X534 + 14X535 >= 12
113X541 + 112X542 + 80X543 + 161X544 + 162X545 >= 12
11X551 + 10X552 + 7X553 + 15X554 + 17X555 >= 12
84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 12
100X571 + 97X572 + 70X573 + 140X574 + 144X575 >= 12
55X581 + 52X582 + 38X583 + 75X584 + 80X585 >= 12
28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 12
30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 12
30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 12
75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 12
30X641 + 27X642 + 20X643 + 99X644 + 45X645 >= 12
10X651 + 9X652 + 6X653 + 29X654 + 15X655 >= 12
18X811 + 17X812 + 12X813 + 25X814 + 26X815 >= 12
18X821 + 17X822 + 12X823 + 25X824 + 26X825 >= 12
END
GIN 409

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C9: Proyecto 10, 11 y 12

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons: Save, Print, Undo, Redo, Copy, Paste, Find, etc.]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+
30X231+30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+
30X441+30X451+30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+
30X651+30X661+30X671+30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+30X811+30X821 +30X831+18X12+18X22+
18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+
18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+
18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+
18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+18X732+18X742+18X752+18X762+18X772 +18X782+18X792+18X802+18X812 +18X822+18X832+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+
9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+
9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+
9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+
9X793+9X803+9X813+9X823+9X833+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+
48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+
48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+
48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X71 +48X724 +48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+48X794+48X804+48X81+
48X824+48X834+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+
96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+
96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+
96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+96X795+96X805+96X815+96X825+96X835

S.T.
18X831 + 17X832 + 12X833 + 25X834 + 26X835 >= 1
END

GIN 413

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C10: Proyecto 13

```

File Edit Solve Reports Window Help
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+30X231+
30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+30X441+30X451+
30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+30X651+30X661+30X671+
30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+30X791+30X801+30X811+30X821 +30X831+30X841+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+
18X72+18X82+18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+
18X292+18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+
18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+18X722+
18X732+18X742+18X752+18X762+18X772 +18X782+18X792+18X802+18X812 +18X822+18X832+18X842+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+
9X143+9X153+9X163+9X173+9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+
9X403+9X413+9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+
9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+9X793+9X803+9X813+9X823+9X833+9X843+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+
48X84+48X94+48X104+48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+
48X304+48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+48X514+
48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+48X714+48X724+48X734+
48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+48X794+48X804+48X81 +48X824 +48X834+48X844+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+
96X135+96X145+96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+
96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+96X555+96X565+
96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+96X755+96X765+96X775+96X785+
96X795+96X805+96X815+96X825+96X835+96X845 S.T.
12X41 + 12X42 + 8X43 + 16X44 + 17X45 >= 50
106X51 + 87X52 + 71X53 + 135X54 + 163X55 >= 50
295X61 + 250X62 + 203X63 + 386X64 + 452X65 >= 50
88X71 + 88X72 + 63X73 + 126X74 + 127X75 >= 50
113X81 + 112X82 + 80X83 + 161X84 + 162X85 >= 50
100X111 + 97X112 + 70X113 + 140X114 + 144X115 >= 50
91X131 + 88X132 + 64X133 + 128X134 + 133X135 >= 50
25X141 + 21X142 + 16X143 + 33X144 + 38X145 >= 50
14X151 + 13X152 + 9X153 + 20X154 + 22X155 >= 50
14X161 + 13X162 + 9X163 + 20X164 + 21X165 >= 50
23X181 + 20X182 + 15X183 + 31X184 + 25X185 >= 50
97X221 + 87X222 + 66X223 + 128X224 + 144X225 >= 50
62X231 + 56X232 + 43X233 + 82X234 + 92X235 >= 50
40X261 + 37X262 + 28X263 + 124X264 + 60X265 >= 50
102X271 + 93X272 + 70X273 + 137X274 + 151X275 >= 200
73X291 + 37X292 + 29X293 + 56X294 + 69X295 >= 50
55X301 + 52X302 + 38X303 + 75X304 + 80X305 >= 50
10X381 + 9X382 + 5X383 + 13X384 + 14X385 >= 50
84X561 + 78X562 + 58X563 + 115X564 + 123X565 >= 50
28X591 + 25X592 + 20X593 + 38X594 + 43X595 >= 50
30X611 + 27X612 + 20X613 + 99X614 + 45X615 >= 50
30X621 + 27X622 + 20X623 + 99X624 + 45X625 >= 50
75X631 + 73X632 + 53X633 + 105X634 + 108X635 >= 50
9X661 + 8X662 + 6X663 + 14X664 + 15X665 >= 50
28X671 + 27X672 + 19X673 + 40X674 + 40X675 >= 50
141X681 + 140X682 + 100X683 + 201X684 + 202X685 >= 100
8X691 + 8X692 + 6X693 + 12X694 + 14X695 >= 50
46X701 + 46X702 + 33X703 + 66X704 + 67X705 >= 50|
10X711 + 9X712 + 6X713 + 29X714 + 15X715 >= 50
18X841 + 17X842 + 12X843 + 25X844 + 26X845 >= 50 END GIN 419

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo C11: Proyecto 14

```

File Edit Solve Reports Window Help
[Icons: Save, Print, Undo, Redo, Copy, Paste, Find, etc.]
MIN 30X11+30X21+30X31+30X41+30X51+30X61+30X71+30X81+30X91+30X101+30X111+30X121+30X131+30X141+30X151+30X161+30X171+30X181+30X191+30X201+30X211+30X221+
30X231+30X241+30X251+30X261+30X271+30X281+30X291+30X301+30X311+30X321+30X331+30X341+30X351+30X361+30X371+30X381+30X391+30X401+30X411+30X421+30X431+
30X441+30X451+30X461+30X471+30X481+30X491+30X501+30X511+30X521+30X531+30X541+30X551+30X561+30X571+30X581+30X591+30X601+30X611+30X621+30X631+30X641+
30X651+30X661+30X671+30X681+30X691+30X701+30X711+30X721+30X731+30X741+30X751+30X761+30X771+30X781+18X12+18X22+18X32+18X42+18X52+18X62+18X72+18X82+
18X92+18X102+18X112+18X122+18X132+18X142+18X152+18X162+18X172+18X182+18X192+18X202+18X212+18X222+18X232+18X242+18X252+18X262+18X272+18X282+18X292+
18X302+18X312+18X322+18X332+18X342+18X352+18X362+18X372+18X382+18X392+18X402+18X412+18X422+18X432+18X442+18X452+18X462+18X472+18X482+18X492+18X502+
18X512+18X522+18X532+18X542+18X552+18X562+18X572+18X582+18X592+18X602+18X612+18X622+18X632+18X642+18X652+18X662+18X672+18X682+18X692+18X702+18X712+
18X722+18X732+18X742+18X752+18X762+18X772 +18X782+9X13+9X23+9X33+9X43+9X53+9X63+9X73+9X83+9X93+9X103+9X113+9X123+9X133+9X143+9X153+9X163+9X173+
9X183+9X193+9X203+9X213+9X223+9X233+9X243+9X253+9X263+9X273+9X283+9X293+9X303+9X313+9X323+9X333+9X343+9X353+9X363+9X373+9X383+9X393+9X403+9X413+
9X423+9X433+9X443+9X453+9X463+9X473+9X483+9X493+9X503+9X513+9X523+9X533+9X543+9X553+9X563+9X573+9X583+9X593+9X603+9X613+9X623+9X633+9X643+9X653+
9X663+9X673+9X683+9X693+9X703+9X713+9X723+9X733+9X743+9X753+9X763+9X773+9X783+48X14+48X24+48X34+48X44+48X54+48X64+48X74+48X84+48X94+48X104+
48X114+48X124+48X134+48X144+48X154+48X164+48X174+48X184+48X194+48X204+48X214+48X224+48X234+48X244+48X254+48X264+48X274+48X284+48X294+48X304+
48X314+48X324+48X334+48X344+48X354+48X364+48X374+48X384+48X394+48X404+48X414+48X424+48X434+48X444+48X454+48X464+48X474+48X484+48X494+48X504+
48X514+48X524+48X534+48X544+48X554+48X564+48X574+48X584+48X594+48X604+48X614+48X624+48X634+48X644+48X654+48X664+48X674+48X684+48X694+48X704+
48X71+48X724+48X734+48X744+48X754+48X764+48X774+48X784+96X15+96X25+96X35+96X45+96X55+96X65+96X75+96X85+96X95+96X105+96X115+96X125+96X135+96X145+
96X155+96X165+96X175+96X185+96X195+96X205+96X215+96X225+96X235+96X245+96X255+96X265+96X275+96X285+96X295+96X305+96X315+96X325+96X335+96X345+
96X355+96X365+96X375+96X385+96X395+96X405+96X415+96X425+96X435+96X445+96X455+96X465+96X475+96X485+96X495+96X505+96X515+96X525+96X535+96X545+
96X555+96X565+96X575+96X585+96X595+96X605+96X615+96X625+96X635+96X645+96X655+96X665+96X675+96X685+96X695+96X705+96X715+96X725+96X735+96X745+
96X755+96X765+96X775+96X785
S. T.
16X481 + 14X482 + 9X483 + 21X484 + 23X485 >= 500
17X491 + 15X492 + 10X493 + 22X494 + 19X495 >= 500
18X751 + 17X752 + 12X753 + 25X754 + 26X755 >= 500
18X761 + 17X762 + 12X763 + 25X764 + 26X765 >= 500
18X771 + 17X772 + 12X773 + 25X774 + 26X775 >= 2500
18X781 + 17X782 + 12X783 + 25X784 + 26X785 >= 500
END
GIN 423

```

Fuente: Elaboración propia

Anexo D: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes en cada charola

Anexo D1: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 2, 33 y 67, en cada charola	113
Anexo D2: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 3, 34, 35, 51 y 68, en cada charola	113
Anexo D3: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 4, en cada charola	114
Anexo D4: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 5, en cada charola	114
Anexo D5: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 6, en cada charola	115
Anexo D6: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 7, 36 y 52, en cada charola	115
Anexo D7: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 8 y 54, en cada charola	116
Anexo D8: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 9, en cada charola	116
Anexo D9: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 10, 53 y 69, en cada charola	117
Anexo D10: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 11 y 57, en cada charola	117
Anexo D11: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 12, en cada charola	118
Anexo D12: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 13, en cada charola	118
Anexo D13: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 14, en cada charola	119
Anexo D14: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 15, en cada charola	119

Anexo D15: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 16, en cada charola	120
Anexo D16: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 17 y 49, en cada charola	120
Anexo D17: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 18, en cada charola	121
Anexo D18: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 19, 45 y 46, en cada charola	121
Anexo D19: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 20, en cada charola	122
Anexo D20: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 21 y 56, en cada charola	122
Anexo D21: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 22 y 41, en cada charola	123
Anexo D22: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 23, en cada charola	123
Anexo D23: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 24, 43, 60, 65, 71 y 72, en cada charola	124
Anexo D24: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 25, 44, 61, 62 y 64, en cada charola	124
Anexo D25: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 26 y 47, en cada charola	125
Anexo D26: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 27, en cada charola	125
Anexo D27: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 29, en cada charola	126
Anexo D28: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 30, en cada charola	126
Anexo D29: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 37, en cada charola	127
Anexo D30: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 38, en cada charola	127

Anexo D31: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 39, en cada charola	128
Anexo D32: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 40, en cada charola	128
Anexo D33: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 42, en cada charola	129
Anexo D34: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 48, en cada charola	129
Anexo D35: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 55, en cada charola	130
Anexo D36: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 59, en cada charola	130
Anexo D37: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 63 y 73, en cada charola	131
Anexo D38: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 70, en cada charola	131
Anexo D39: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes del 74 al 85, en cada charola	132

Anexo D1: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 2, 33 y 67, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	20
X311	7
X212	20
X332	7
X233	15
X323	4
X134	1
X214	30
X324	9
X135	1
X235	30
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D2: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 3, 34, 35, 51 y 68, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	80
X321	60
X212	80
X312	60
X233	60
X323	40
X134	1
X214	120
X334	80
X135	2
X235	120
X335	80

Fuente: Elaboración propia

Anexo D3: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 4, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	1
X231	4
X331	7
X112	1
X222	4
X312	7
X133	1
X213	3
X313	4
X134	1
X234	6
X314	9
X135	2
X235	6
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D4: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 5, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X121	46
X211	53
X331	7
X132	27
X232	53
X322	7
X113	27
X233	40
X333	4
X114	46
X214	80
X334	9
X125	74
X235	80
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D5: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 6, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	111
X221	177
X331	7
X122	66
X212	177
X322	7
X113	66
X233	133
X333	4
X134	111
X214	266
X334	9
X135	177
X235	266
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D6: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 7, 36 y 52, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	50
X321	37
X132	1
X212	50
X312	37
X133	1
X233	37
X323	25
X134	1
X214	75
X334	50
X135	2
X235	75
X335	50

Fuente: Elaboración propia

Anexo D7: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 8 y 54, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	64
X321	48
X212	64
X312	48
X233	48
X323	32
X134	1
X214	96
X334	64
X135	2
X235	96
X335	64

Fuente: Elaboración propia

Anexo D8: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 9, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	1
X211	2
X331	7
X232	2
X312	7
X213	1
X333	4
X134	1
X224	3
X314	9
X135	2
X235	3
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D9: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 10, 53 y 69, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	4
X321	3
X122	1
X212	4
X312	3
X113	1
X233	3
X323	2
X134	1
X214	7
X334	4
X135	3
X235	7
X335	4

Fuente: Elaboración propia

Anexo D10: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 11 y 57, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	7
X221	53
X321	40
X132	4
X212	53
X312	40
X133	4
X233	40
X323	26
X134	7
X214	80
X334	53
X135	11
X235	80
X335	53

Fuente: Elaboración propia

Anexo D11: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 12, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X211	1
X331	20
X232	1
X312	20
X333	13
X224	1
X314	26
X135	1
X235	1
X335	26

Fuente: Elaboración propia

Anexo D12: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 13, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	7
X221	48
X321	36
X132	4
X212	48
X312	36
X133	4
X233	36
X323	24
X134	7
X214	73
X334	48
X135	12
X235	73
X335	48

Fuente: Elaboración propia

Anexo D13: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 14, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	8
X211	10
X321	7
X112	4
X232	10
X312	7
X133	4
X233	7
X323	5
X134	8
X214	15
X324	10
X125	13
X235	15
X335	10

Fuente: Elaboración propia

Anexo D14: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 15, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	2
X221	7
X321	5
X132	1
X212	7
X312	5
X133	1
X233	5
X323	3
X134	2
X214	11
X334	7
X135	4
X235	11
X335	7

Fuente: Elaboración propia

Anexo D15: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 16, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	2
X221	7
X321	5
X112	1
X212	7
X312	5
X133	1
X233	5
X323	3
X124	2
X214	11
X334	7
X115	3
X235	11
X335	7

Fuente: Elaboración propia

Anexo D16: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 17 y 49, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	3
X221	7
X311	7
X122	1
X212	7
X332	7
X113	1
X233	5
X323	4
X134	3
X214	10
X324	9
X135	5
X235	10
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D17: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 18, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	6
X221	10
X311	7
X112	3
X212	10
X332	7
X133	3
X223	7
X323	5
X134	6
X214	15
X334	10
X125	9
X235	15
X335	10

Fuente: Elaboración propia

Anexo D18: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 19, 45 y 46, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	20
X221	18
X321	7
X122	12
X212	18
X312	7
X113	12
X233	13
X333	4
X134	20
X234	27
X334	9
X115	33
X225	27
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D19: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 20, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	8
X211	27
X321	20
X122	5
X212	27
X312	20
X113	5
X233	20
X323	13
X134	8
X214	40
X334	27
X135	13
X235	40
X335	27

Fuente: Elaboración propia

Anexo D20: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 21 y 56, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	14
X221	40
X321	30
X122	8
X212	40
X312	30
X113	8
X233	30
X323	20
X134	14
X214	61
X334	40
X135	22
X235	61
X335	40

Fuente: Elaboración propia

Anexo D21: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 22 y 41, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	25
X221	41
X311	31
X132	15
X212	41
X332	31
X113	15
X223	31
X333	20
X134	25
X214	62
X334	41
X135	41
X235	62
X335	41

Fuente: Elaboración propia

Anexo D22: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 23, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	16
X221	26
X311	20
X132	10
X212	26
X332	20
X113	10
X223	20
X333	13
X134	16
X214	40
X334	26
X135	26
X235	40
X335	26

Fuente: Elaboración propia

Anexo D23: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 24, 43, 60, 65, 71 y 72, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X211	5
X311	4
X232	5
X332	4
X223	4
X333	2
X114	16
X234	8
X324	5
X135	2
X225	8
X335	5

Fuente: Elaboración propia

Anexo D24: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 25, 44, 61, 62 y 64, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	6
X211	17
X331	7
X132	3
X232	17
X332	7
X113	3
X223	13
X333	4
X114	64
X234	26
X314	9
X135	10
X225	26

Fuente: Elaboración propia

Anexo D25: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 26 y 47, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	7
X211	26
X321	7
X122	4
X232	26
X312	7
X113	4
X223	20
X333	4
X114	75
X234	40
X314	9
X135	11
X225	40
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D26: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 27, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	22
X221	46
X311	34
X112	13
X212	46
X332	34
X133	13
X223	34
X313	23
X124	22
X214	69
X334	46
X125	36
X235	69
X335	46

Fuente: Elaboración propia

Anexo D27: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 29, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	20
X221	46
X321	7
X122	12
X212	18
X312	7
X113	12
X233	13
X333	4
X134	20
X234	27
X334	9
X135	33
X215	27
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D28: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 30, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	8
X211	27
X321	20
X122	5
X212	27
X312	20
X113	5
X233	20
X323	13
X134	8
X214	40
X334	27
X135	13
X235	40
X335	27

Fuente: Elaboración propia

Anexo D29: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 37, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	32
X321	24
X212	32
X312	24
X233	24
X323	16
X134	1
X214	48
X334	32
X135	1
X235	48
X335	32

Fuente: Elaboración propia

Anexo D30: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 38, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	1
X211	2
X331	7
X232	2
X312	7
X213	1
X333	4
X134	1
X224	3
X314	9
X135	2
X235	3
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D31: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 39, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	1
X221	13
X311	7
X122	1
X212	13
X332	7
X113	1
X233	10
X323	4
X134	1
X214	20
X324	9
X135	3
X235	20
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D32: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 40, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X121	2
X231	6
X331	9
X132	1
X222	6
X312	9
X123	1
X213	4
X313	6
X114	2
X234	9
X314	13
X135	4
X225	9
X335	13

Fuente: Elaboración propia

Anexo D33: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 42, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X131	2
X221	26
X321	19
X112	1
X212	26
X312	19
X133	1
X233	19
X323	13
X134	2
X214	39
X334	26
X115	3
X235	39
X335	26

Fuente: Elaboración propia

Anexo D34: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 48, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	3
X231	3
X331	10
X112	1
X232	3
X312	10
X133	1
X233	2
X333	6
X134	3
X224	5
X314	13
X115	5
X235	5
X335	13

Fuente: Elaboración propia

Anexo D35: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 55, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	2
X231	2
X331	7
X112	1
X232	2
X312	7
X133	1
X233	2
X333	4
X134	2
X224	4
X314	9
X115	4
X235	4
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo D36: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 59, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X121	8
X231	10
X311	10
X132	5
X232	10
X332	10
X113	5
X213	8
X333	7
X134	8
X214	16
X324	14
X115	13
X235	16
X335	14

Fuente: Elaboración propia

Anexo D37: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes 63 y 73, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	5
X221	40
X321	30
X132	3
X212	40
X312	30
X133	3
X233	30
X323	20
X134	5
X214	60
X334	40
X135	8
X235	60
X335	40

Fuente: Elaboración propia

Anexo D38: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima del componente 70, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X221	26
X321	20
X212	26
X312	20
X233	20
X323	13
X214	40
X334	26
X135	1
X235	40
X335	26

Fuente: Elaboración propia

Anexo D39: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo I, para la asignación máxima de los componentes del 74 al 85, en cada charola

VARIABLE	VALUE
X111	2
X221	9
X321	7
X122	1
X212	9
X312	7
X113	1
X233	7
X323	4
X134	2
X214	14
X334	9
X135	3
X235	14
X335	9

Fuente: Elaboración propia

Anexo E: Resultados en LINDO de la ejecución del Modelo II, para determinar la mezcla óptima de charolas de cada proyecto empleando el volumen mínimo en el almacén.

Anexo E1: Proyecto 2..... 134

Anexo E2: Proyecto 3..... 134

Anexo E3: Proyecto 4..... 135

Anexo E4: Proyecto 5..... 136

Anexo E5: Proyecto 6..... 137

Anexo E6: Proyecto 7..... 137

Anexo E7: Proyecto 8..... 137

Anexo E8: Proyecto 9..... 138

Anexo E9: Proyectos 10, 11 y 12..... 139

Anexo E10: Proyecto 13..... 139

Anexo E11: Proyecto 14..... 140

Anexo E1: Proyecto 2.

VARIABLE	VALUE
X272	1
X23	2
X33	1
X43	5
X53	1
X63	1
X73	1
X83	1
X93	8
X103	6
X113	1
X123	3
X133	1
X143	3
X153	4
X163	4
X173	4
X183	3
X223	1
X233	1
X263	2
X273	1
X283	6
X293	2
X303	1
X563	1
X593	2
X623	2
X723	6
X733	1
X853	3

Fuente: Elaboración propia

Anexo E2: Proyecto 3.

VARIABLE	VALUE
X362	1
X412	1
X63	1
X273	5
X303	3

VARIABLE	VALUE
X313	14
X323	14
X333	5
X343	1
X353	1
X373	2
X383	16
X393	6
X403	8
X423	3
X433	14
X443	4
X453	3
X463	3
X473	3

Fuente: Elaboración propia

Anexo E3: Proyecto 4.

VARIABLE	VALUE
X13	3
X23	1
X33	1
X43	2
X53	1
X63	1
X73	1
X83	1
X93	3
X103	3
X113	1
X123	2
X133	1
X143	1
X153	2
X163	2
X173	2
X183	1
X193	1
X203	1
X213	1
X223	1

VARIABLE	VALUE
X233	1
X243	3
X253	1
X263	1
X273	1
X743	2
X742	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo E4: Proyecto 5.

VARIABLE	VALUE
X13	1
X23	1
X33	1
X43	1
X53	1
X63	1
X73	1
X83	1
X93	1
X103	1
X113	1
X123	1
X133	1
X143	1
X153	1
X163	1
X173	1
X183	1
X193	1
X203	1
X213	1
X223	1
X233	1
X243	1
X253	1
X263	1
X273	1
X743	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo E5: Proyecto 6.

VARIABLE	VALUE
X483	2
X493	2
X753	2
X763	2
X773	19
X783	2

Fuente: Elaboración propia

Anexo E6: Proyecto 7.

VARIABLE	VALUE
X492	1
X483	2
X753	2
X773	19
X793	2
X803	2

Fuente: Elaboración propia

Anexo E7: Proyecto 8.

VARIABLE	VALUE
X162	1
X63	1
X133	1
X143	1
X153	2
X183	1
X223	1
X233	1
X273	1
X293	1
X383	3
X503	2
X513	1
X523	1
X533	2
X543	1
X553	2
X563	1
X573	1

VARIABLE	VALUE
X583	1
X593	1
X603	2
X613	1
X623	1
X633	1
X643	1
X823	1
X814	1
X742	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo E8: Proyecto 9.

VARIABLE	VALUE
X162	1
X63	1
X133	1
X143	1
X153	2
X183	1
X223	1
X233	1
X273	1
X293	1
X383	3
X503	2
X513	1
X523	1
X533	2
X543	1
X553	2
X563	1
X573	1
X583	1
X593	1
X613	1
X623	1
X633	1
X643	1
X653	2

VARIABLE	VALUE
X823	1
X814	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo E9: Proyectos 10, 11 y 12.

VARIABLE	VALUE
X833	1

Fuente: Elaboración propia

Anexo E10: Proyecto 13.

VARIABLE	VALUE
X232	1
X302	1
X43	7
X53	1
X63	1
X73	1
X83	1
X113	1
X133	1
X143	4
X153	6
X163	6
X183	4
X223	1
X263	2
X273	3
X293	2
X383	10
X563	1
X593	3
X613	3
X623	3
X633	1
X663	9
X673	3
X683	1
X693	9
X703	2
X843	5

VARIABLE	VALUE
X714	2

Fuente: Elaboración propia

Anexo E11: Proyecto 14.

VARIABLE	VALUE
X483	56
X493	50
X753	42
X763	42
X773	209
X783	42

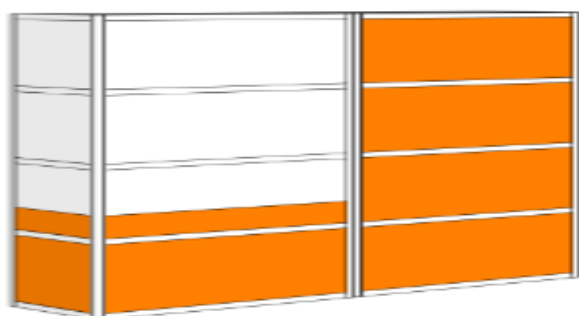
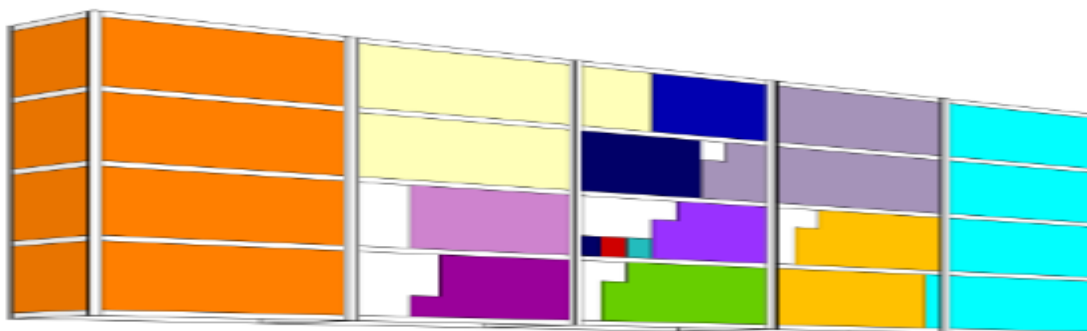
Fuente: Elaboración propia

Anexo F: Asignación de espacios en el almacén utilizando un acomodo

Anexo F1: Acomodo secuencial de los 14 proyectos.....	142
Anexo F2: Acomodo secuencial de los 14 proyectos diseño con cotas.	143

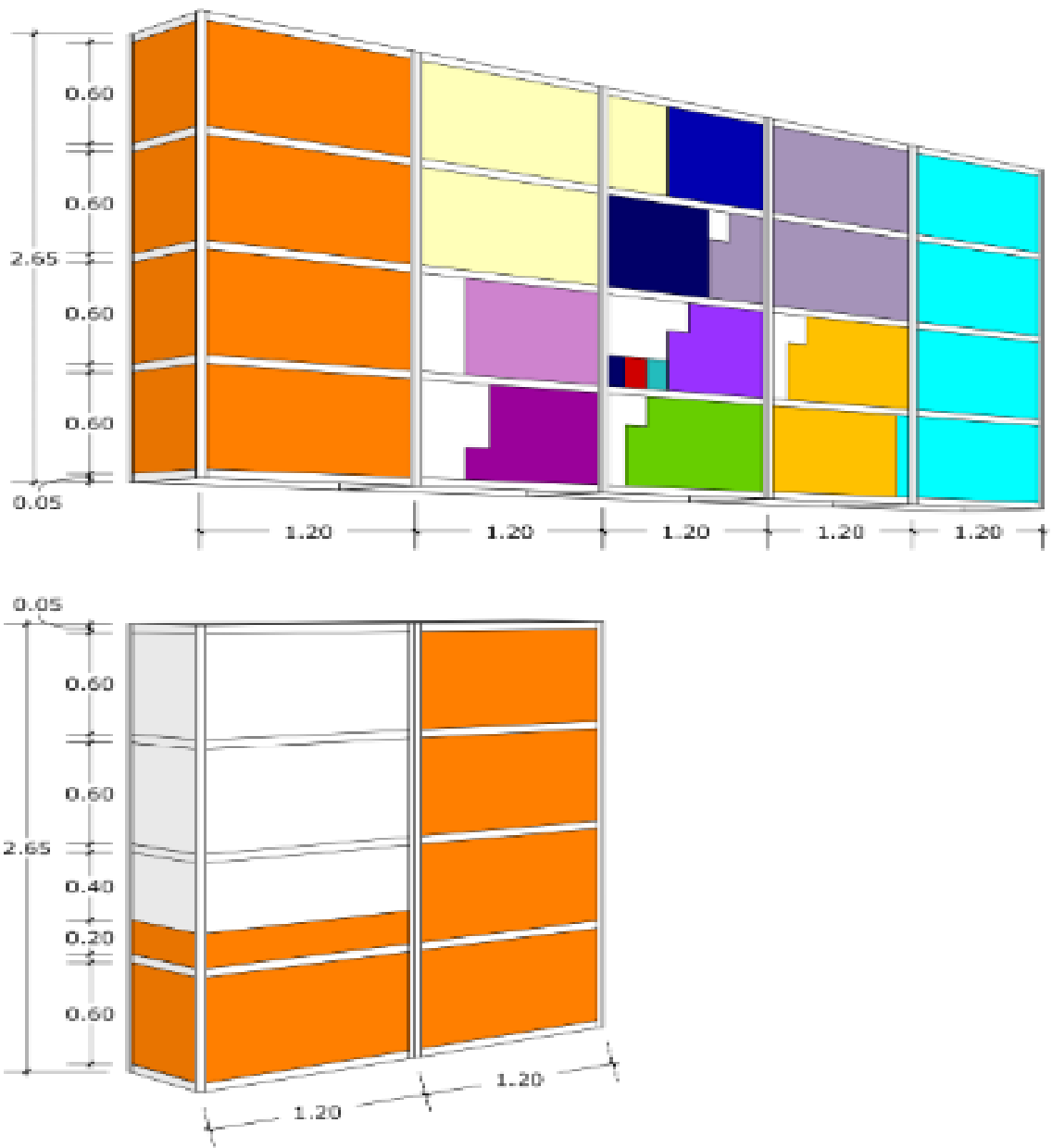
|

Anexo F1: Acomodo secuencial de los 14 proyectos.



Fuente: Elaboración propia

Anexo F2: Acomodo secuencial de los 14 proyectos diseño con cotas.



Fuente: Elaboración propia