

**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN PARA LA LOGÍSTICA Y PRODUCCIÓN EN  
UN AMBIENTE JOB SHOP**

**GERARDO MERA HENAO  
RAFAEL DAVID REYES ROMERO**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
2019**

**PROPUESTA DE INTEGRACIÓN PARA LA LOGÍSTICA Y PRODUCCIÓN EN  
UN AMBIENTE JOB SHOP**

**GERARDO MERA HENAO  
RAFAEL DAVID REYES ROMERO**

**Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial**

**Director proyecto  
DIANA ANDREA PEÑA CALDERÓN  
Codirector proyecto  
ANDRÉS FELIPE OSORIO MURIEL**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
2019**

## Contenido

	pág.
<b>Lista de Ecuaciones</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Objetivos</b> .....	<b>14</b>
2.1 Objetivo del Proyecto.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
<b>3 Marco de Referencia</b> .....	<b>15</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos .....	15
3.2 Marco Teórico.....	17
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto.....	18
<b>4 Metodología</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Resultados</b> .....	<b>23</b>
5.1 Caracterización de variables y restricciones.....	23
5.2 Configuración de los despachos, garantizando el cumplimiento y utilización del contenedor.....	27
5.3 Secuenciación de la producción a partir de las configuraciones de despacho 40	40
5.4 Validar cumplimiento y funcionalidad de la herramienta.....	44
5.5 Conclusiones .....	48
5.6 Recomendaciones .....	49
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>51</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 Diagrama de Causa y Efecto .....	11
Figura 2 de fases .....	20
Figura 3 Posición el empaque.....	24
Figura 4 Diagrama de relación de la Integración de la logística y producción para una exportación .....	27
Figura 5 Diagrama de Proceso actual de la empresa .....	28
Figura 6 Contenedor Vacío .....	29
Figura 7 Diseño preliminar de la herramienta .....	30
Figura 8 Hoja de Pedido .....	31
Figura 9 Lista de Chequeo.....	32
Figura 10 Pedido para un contenedor.....	33
Figura 11 Visualización del resultado Iteración 1 Prueba Piloto .....	34
Figura 12 Visualización Iteración 2 .....	35
Figura 13 Visualización Iteración 3 .....	35
Figura 14 Iteración 4.....	36
Figura 15 Visualización Iteración 5 .....	36
Figura 16 Iteración Longitud 1 .....	37
Figura 17 Iteración Longitud 2 .....	37
Figura 18 Iteración Longitud 3 .....	38
Figura 19 Visualización de las iteraciones realizadas .....	39
Figura 20 Ruta 1 .....	41
Figura 21 Ruta 2 .....	42
Figura 22 Ruta 3 .....	42
Figura 23 Ruta 4 .....	43
Figura 24 Ruta 5 .....	43
Figura 25 Lista de chequeo de restricciones .....	45
Figura 26 Diagrama de proceso implementación de la herramienta.....	46
Figura 27 Esquema de Evaluación .....	48

**Lista de Tablas**

Tabla 1 Indicadores entre las iteraciones .....40

## Lista de Anexos

Anexo 1 Iteración 1 Prueba Piloto.....	34
Anexo 2 Iteración 2 .....	34
Anexo 3 Iteración 3 .....	35
Anexo 4 Iteración 4 .....	35
Anexo 5 Iteración 5 .....	36
Anexo 6 Iteración Longitud 1 .....	36
Anexo 7 Iteración Longitud 2 .....	37
(Anexo 8 Container Loading Problem).....	38
(Anexo 9 Rutas).....	43
Anexo 10 Prueba Hta Icesi 1 y 2.....	46
Anexo 11 Esquema de Evaluación. ....	47
Anexo 12 Correo de Validación. ....	47
Anexo 13. Reporte de Cambios y Ajustes .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 14. Instrucciones de Entrega .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

**Lista de Ecuaciones**

Ecuación 1 Calculo del Número de contenedores .....30  
Ecuación 2 Porcentaje de Utilización .....32

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo la propuesta de una herramienta que integre la logística de exportación y la producción en un ambiente Job Shop para una empresa de autopartes. Por el posicionamiento actual que tiene la empresa, busca incursionarse en la exportación a EE. UU. de láminas de acero inoxidable con cierta variedad en cuanto a forma, tamaño y medidas.

Fue necesario identificar las distintas restricciones y variables a las cuales debe enfrentarse la empresa, para así tener claridad acerca de que debe contener la herramienta para el cumplimiento de ellos. Es necesario establecer los pedidos de tal manera que se garantice el cumplimiento y genere una ganancia para la empresa. Por esta razón, se deben establecer indicadores de utilización del peso máximo y volumen en el contenedor que permitan definir si el pedido puede ser despachado o no. De no ser así, enviar la información nuevamente al cliente para que realice los ajustes respectivos junto con el porcentaje de desfase.

Como base del proyecto, se tuvo en cuenta la herramienta “Container Loading Problem” del profesor Erdogan, la cual cumplía con algunas de las especificaciones internacionales y gracias a su código abierto, fue posible incluir otras restricciones. De esta forma, determinar cómo iban a ser contenerizadas las referencias y la posición que iban a ubicar al interior del contenedor. Con ello, se garantiza una mayor facilidad a la hora de hacer la logística de la contenerización, junto con una base para determinar, el orden en que debía realizarse la producción de las referencias, teniendo en cuenta la jerarquización dada por la empresa a la hora de agregarle valor a las láminas, teniendo en cuenta la complejidad que tiene un sistema Job Shop por las rutas designadas para referencia las cuales atraviesan distintas máquinas o especificaciones.

Finalmente, a partir de una lista de chequeo, se verifico que tanto cumplió según el criterio de los expertos la funcionalidad de la herramienta con distintas iteraciones y junto a ellas, compararlas con las contenerizaciones hechas anteriormente para determinar la similitud y aprobación por parte de la empresa.

**Palabras claves:** Job Shop, Logística, Producción, Contenerización.



## Introducción

En la actualidad la industria automotriz en Colombia es considerada como una de las fuentes de ingreso más relevantes en la economía del país, ubicándola como el quinto país con mayor exportación de autopartes en Latinoamérica. Se evidenció que en los últimos años se mantuvo una tendencia positiva, ya que la venta de vehículos ensamblados en el país contó con una participación aproximada del 41.5% de las ventas totales.

El problema de estudio se desarrolló con una empresa que se dedica al mercado de autopartes, la cual se incursionó en las exportaciones a EE. UU de 49 referencias de láminas de acero inoxidable, donde se identificó una problemática de estudio con respecto al cumplimiento de los pedidos del cliente y un conjunto de normas legales, garantizando la minimización de costos. Se caracterizaron variables y restricciones con el fin de proponer una herramienta que integre la logística y producción en un ambiente Job Shop.

Para el cumplimiento de esta propuesta se modificó una herramienta existente conocida como *Container Loading Problem* en Excel, la cual, se adaptó a la mayoría de las necesidades de la empresa, solucionando en un alto índice los problemas logísticos que conllevan realizar el cubicaje de las referencias. En cuanto a la producción, a partir de la distribución obtenida de los productos dentro del contenedor se generó una hoja de ruta la cual definió el orden en que debían ser ingresadas las referencias, generando la secuenciación en los diferentes puestos de trabajo del ambiente Job Shop, para la fabricación de cada producto para ser contenerizado y finalmente despachado al cliente.

## 1 Contexto, Formulación y Justificación del Problema

A lo largo del tiempo la industria automotriz en Colombia ha sido catalogada como una de las fuentes más importantes en la economía del país, puesto que ocupa aproximadamente el 6% del PIB, convirtiéndolo en el quinto país con mayor producción de autopartes en Latinoamérica. (Proexport Colombia, 2012), Esta industria está compuesta por las actividades de ensamble de vehículos, producción de autopartes, comercialización de repuestos y ensamble de motocicletas.

La evolución en el sector automotor de Colombia se evidencia que en los últimos años se mantiene una tendencia positiva, ya que la venta de vehículos ensamblados en el país contó con una participación aproximada del 41.5% de las ventas totales. Colombia se perfila como “un escenario ideal para generar una plataforma de fabricación y ensamble de vehículos, camiones, buses y autopartes destinados a abastecer el mercado nacional y regional” (Proexport Colombia, 2012).

Actualmente, la industria nacional de autopartes está estructurada por componentes como: la suspensión de un vehículo, vidrios, componentes eléctricos, componentes de las ruedas, sistemas de aire acondicionado, escapes, entre otros. Ahora bien, el Valle del Cauca se encuentra en una posición estratégica para ser reconocido como un departamento para negociar y concretar las exportaciones de mercados específicos (PROMEXICO, 2016). En este departamento existe una empresa que se dedica al mercado de autopartes y a su vez, suministra piezas metálicas estampadas para las principales ensambladoras de vehículos y camiones del sector colombiano.

Esta empresa se está incursionando en las exportaciones a EE. UU de 49 referencias de láminas de acero metálicas y actualmente los despachos no superan uno o dos contenedores trimestral. Es por ello, que buscan expandirse y gestionar el negocio de tal manera que puedan realizar el envío de uno o más contenedores mensuales, generando una problemática de estudio con respecto al cumplimiento de las especificaciones en la logística y producción sobre diferentes referencias, para evitar realizar procesos innecesarios por la falta de planeación, a partir de contenedores que exigen cumplir con una normatividad, algunas normas, serían la repartición del peso al interior del contenedor en un 60/40% dividida en la mitad y no deben tener peso mayor a 19 toneladas. Estas normas se encuentran en la ley de comercio y navegación marítima y estatuto de transporte de mercancías (Schettini, 2015). Se menciona esta empresa porque es el caso de estudio de este proyecto, específicamente en el área de autopartes, en un ambiente Job Shop.

Por lo anterior, para identificar la problemática de estudio que se pueda presentar al incrementar a este nivel las exportaciones, es necesario recurrir a un diagrama de espina de pescado, mejor conocido como Ishikawa (Figura 1), para reconocer las **posibles causas** que generan un mal proceso de exportación cuando se trata de; maquinaria, métodos, materiales, entorno y secuenciación de la producción y así determinar el efecto mayor en este caso de estudio.

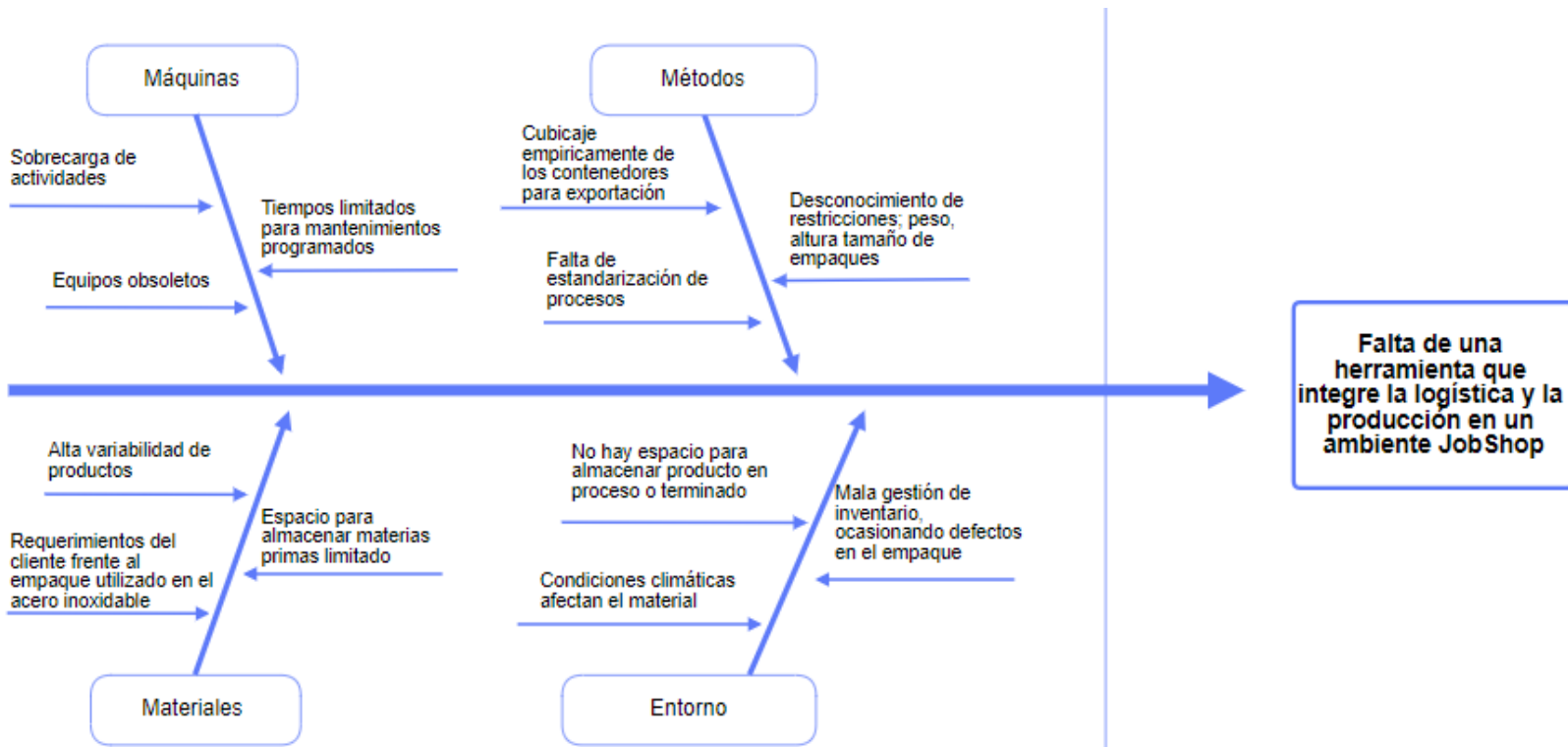


Figura 1 Diagrama de Causa y Efecto

Fuente: Los autores

## **Formulación de la pregunta de investigación u objeto de estudio**

En la problemática del proyecto, se busca cumplir con los pedidos del cliente y la normatividad encontrada en la ley de comercio y navegación marítima y estatuto de transporte de mercancías, garantizando la reducción de costos. La producción no puede realizarse de manera aleatoria debido a que no hay espacio para almacenar, por ello es necesario realizar un buen cubicaje ya que será útil para definir la secuenciación de la producción bajo un ambiente Job Shop, siendo este un proceso de transformación, en el cual las referencias siguen diferentes trayectorias y secuencias en un determinado número de máquinas. Bajo este panorama, se deben tener en cuenta diversas restricciones como; la capacidad que puede tener cada uno de los contenedores, la forma en que debe ser distribuido la mercancía en su interior, la productividad de las máquinas y los procesos que debe atravesar cada referencia para definir el orden de producción teniendo en cuenta el ambiente Job Shop.

De acuerdo con el problema evidenciado anteriormente y lo que requiere la empresa, se plantea las siguientes preguntas del proyecto de forma secuencial que serían:

¿De qué forma se puede integrar la logística y producción garantizando el cumplimiento de los pedidos del cliente y reduciendo los costos de despacho y producción? ¿Cómo se puede garantizar una buena utilización del contenedor teniendo en cuenta las normatividades y empaque? ¿Cómo se puede definir y proponer la secuencia de producción para poder lograr la contenerización deseada?

Son necesarias estas preguntas e investigaciones del tema debido la empresa no tiene los parámetros cuando un cliente realiza un pedido, generando pérdidas monetarias, de recursos y tiempo o presentando un mal uso de los contenedores a la hora de hacer el cubicaje. Es de suma importancia que el cliente tenga la información completa sobre su pedido e identificar si puede ser efectuado o no, ya sea por la capacidad de las máquinas y la utilización, y restricción de los contenedores a la hora de ingresar los empaques en su interior. Una vez este pedido sea aprobado o verificado, se requiere del uso de softwares para saber, ¿cómo se distribuirá la mercancía en su interior?, de no ser así, van a presentarse movimientos innecesarios y pérdidas de tiempo tratando de saber ¿cómo ubicar la mercancía en su interior teniendo en cuenta las restricciones o normativas que existen en los contenedores?

## **Justificación o Importancia de la situación objeto de estudio**

Un ambiente Job Shop es un proceso de transformación en donde las referencias tienen diferentes secuenciaciones en determinadas máquinas, es fundamental trabajar con la demanda real, ya que este sistema depende de las necesidades del

cliente, además, es un ambiente interactivo en el que el cliente participa desde la etapa de diseño definiendo las características más relevantes hasta las cantidades requeridas en la orden de compra. Ahora bien, existen diferentes complicaciones en estos ambientes debido a las características únicas de cada orden (Alomía & Lozano, 2013)

Debido a que este es el ambiente de producción el cual la empresa de autopartes tiene en su planta, es de gran importancia integración entre la logística y la producción, ya que dan lugar a un buen manejo de recursos necesarios para la terminación de los procesos y el orden de elaboración de los mismos, en este caso, la producción de autopartes. Ahora bien, cuando se trata de exportaciones es relevante conocer las diferentes variables y restricciones que pueden tener cumplir con un pedido de gran volumen como lo es en el caso de la empresa, ya sea por las exigencias del cliente, cubicaje de los contenedores, manejo del espacio al interior del contenedor, secuenciación en la producción del ambiente Job Shop y criterios de calidad a la hora de hacer la entrega al cliente. Por esta razón, y para el estudio del proyecto frente a la integración entre la logística y producción es necesario una herramienta que permita anticiparse ante estos sucesos antes de efectuar la orden de producción, ya sea para evitar el almacenamiento de producto que aún no está en su turno de despacho, evitar reprocesos en el empaque y como el elemento más importante, los costos de la logística y el tiempo que tarda la contenerización. Brindando así al cliente información respecto a las modificaciones que requiere la orden de compra, para cumplir con el cubicaje de las referencias y asimismo con el pedido en los tiempos establecidos. Todo esto con el fin de verificar el cumplimiento de las variables y restricciones mencionadas anteriormente, para asimismo acomodarlo al interior del contenedor. Buscando establecer una comunicación directa entre el cliente y la empresa, permitiendo enviar lo más rápido posible el pedido, con una buena rentabilidad y cumpliendo con la utilización del contenedor. De no ser así, debe realizarse alguna modificación primando la reducción de costos para el envío del contenedor

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo del Proyecto

Proponer una herramienta que integre la logística y producción en un ambiente Job Shop para una empresa de autopartes.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables y restricciones de la logística que impactan en la producción y viceversa.
- Definir la configuración de los despachos a los clientes en el contenedor, garantizando el cumplimiento y utilización de este.
- Definir la secuenciación de la producción a partir de las configuraciones de despacho requeridas por el cubicaje en los contenedores.
- Validar cumplimiento y funcionalidad de la herramienta con la aprobación de los expertos

### Entregables

- Diagrama que ilustre las variables y restricciones específicas de los contenedores y la secuenciación del pedido.
- Una herramienta que analice el pedido y su capacidad en los contenedores.
- Hoja de ruta desarrollada con los datos obtenidos para la configuración de la producción

Indicadores que ilustren el cumplimiento de las restricciones al hacer uso de la herramienta.

### 3 Marco de Referencia

#### 3.1 Antecedentes o Estudios Previos

Retomando el objetivo principal del proyecto, si se quiere integrar la logística y la producción en un ambiente Job Shop de una empresa en el área de autopartes, es crucial tener como referencia investigaciones pasadas, acerca de cómo esta integración impacta significativamente la secuenciación de las referencias.

Inicialmente es importante realizar un estudio de cómo integrar la logística y producción, por lo tanto, se hace referencia acerca del artículo *Supplier Relationship Management: a review focused on Logistics and Production integration* donde se evidencia la gestión de la relación entre el proveedor y el cliente, con el fin de compartir información sobre las restricciones que deben cumplirse a la hora de realizar un pedido, tales como; calidad, cantidad, costo de fabricación o tiempo de entrega. A lo largo que una empresa va creciendo en el mercado, se presentan ciertas limitaciones, en la producción; las variaciones en el coste por unidad fabricada y en la logística variaciones en el coste por tonelada transportada, ocasionando que cada vez se vuelva más difícil establecer estos vínculos de integración. La metodología presentada en el artículo radica en una recopilación de diferentes estudios que permitieron identificar la relevancia de la logística, por medio de la gestión de relaciones con los proveedores y los clientes, evidenciando los diferentes flujos o procesos que se realizan con estos, ya sean todas las participaciones que estos tienen durante el proceso macro de la empresa, mientras que en la producción el mayor énfasis debe estar en las decisiones, condiciones y los requisitos de los materiales a ser suministrados para la fabricación de las referencias. Ahora bien, el uso de la tecnología permite tener una buena integración entre la logística y producción, es por ello que, la implementación de una herramienta que permita facilitar la comunicación entre ambos eslabones de la cadena ayuda a maximizar el servicio al cliente y minimizar tiempos de producción (Roberta Pereira, da Silva García, & Lago Da Silva, 2015).

Una vez identificada la necesidad de la integración entre logística y producción, centrando la problemática de estudio, es crucial recopilar antecedentes acerca del cubillaje de mercancías en contenedores, que ayudan a determinar el impacto sobre el costo logístico y la capacidad del contenedor, y todo esto a partir del embalaje y distribución de las mercancías al interior del contenedor. En el texto *Cubicaje y su Efecto Económico en el Costo Logístico del Transporte y Competitividad Empresarial*, se presenta una problemática sobre cómo realizar el cubillaje de mercancías dentro de contenedores multimodales de manera práctica, apoyado con el uso de software especializado del Laboratorio Nacional de Sistemas de Transporte y Logística identificando limitaciones por el diseño o las medidas que pueden tener las cajas y el contenedor, y pesos respectivos. Se utilizó un método de investigación cuantitativo, con ayuda del software *Cape Pack V2. 13*, simulando

la acomodación de productos al interior de los contenedores de transporte, con el fin de evaluar el impacto económico sobre las diferentes decisiones a tomar de acomodar las cargas de manera óptima (Castillo et al., 2015).

Por lo anterior, el uso de tecnologías y softwares facilita realizar un buen cubicaje al interior del transporte provocando que el costo logístico se vea reducido. Con el uso de una herramienta que permita la organización del contenedor y con el concepto de cubicaje, ayudará a identificar las diversas variables que pueden afectar a la hora de cargar la mercancía del pedido, evitando movimientos innecesarios y que se pueda implementar un orden en la producción junto con su respectiva secuencia.

Existe una herramienta la cual permite generar un plan de carga para el contenedor y visualizar en 3D la ubicación y orden, llamada "CLP Spreadsheet Solver" (Erdoğan, 2017). Esta herramienta es de mucha utilidad, ya que al estar basada en la metodología de solución "Large neighborhood heuristic" (Pisinger & Røpke, 2010), permite brindar una serie de soluciones a partir de subgrupos poblacionales brindando cierta confiabilidad a la hora de arrojar una serie de soluciones, teniendo únicamente como restricción, al requerir de muchos subgrupos, puede tardar una larga cantidad de tiempo, que puede ser definida por el usuario en el caso de la herramienta. Al tener código abierto el Visual Basic, es posible realizar ciertas modificaciones en sus líneas de código para poder adaptar la herramienta según el problema o la finalidad que se tenga. Al no hacer uso de un software especializado en este tema como lo es Excel, pueden presentarse ciertas limitaciones como: La distancia de seguridad entre los empaques y el contenedor, todos los empaques y contenedores se asumen como rectangulares y no se puede preposicionar en el contenedor. Sin embargo, sigue siendo una gran herramienta base para brindar una secuencia de almacenamiento.

Después de tener claras las restricciones por parte de la empresa, junto con su normatividad y una herramienta base de contenerización que aún requiere de ciertas mejoras, el siguiente paso en el eslabón de la empresa es la secuenciación de las actividades y producción de las referencias, y es por ello que el motivo del siguiente artículo *Scheduling job shop - A case study* presenta una problemática sobre la secuenciación de mercancías en un taller con ambiente Job Shop con  $n$  trabajos y  $m$  máquinas. Cada trabajo es procesado a través de una máquina solo una vez, y no es necesario que todas las actividades se procesen en todas las máquinas. A la hora de hacer una secuencia o el Scheduling de los trabajos, va siendo cada vez más difícil debido a que se presentan distintos tipos de variables que pueden alterar la secuenciación; como la capacidad y el propósito que tiene cada una de las máquinas. La metodología de solución aplicada en este caso de estudio fue un algoritmo que propone programar los trabajos con base a la prioridad, simplificando en un diagrama de flujo que se resume de la siguiente manera; Planeación (máquinas y trabajos), operaciones respectivas de todos los trabajos, prioridad por porcentaje de cada trabajo, identificación grupos de trabajos,



aplicación de métodos heurísticos y evaluación de resultados por medio del cumplimiento de todos los trabajos (Abbas, 2016).

### **3.2 Marco Teórico**

El sentido de este marco teórico es brindar al lector una serie de términos teóricos que permitirán acercarse un poco más al problema de investigación de modelos que integren la logística del embalaje y producción en un ambiente Job Shop para una empresa, ofreciendo una conceptualización correcta de términos teóricos que estarán relacionados con el proyecto.

El término teórico logística de embalaje, es crucial para abarcar la técnica de cubicaje, la cual se refiere a la acción de acomodar las mercancías, en este caso, en un contenedor que tiene como objetivo llevar la mayor cantidad de carga para aprovechar al máximo la capacidad del equipo de transporte, respetando las restricciones consolidadas por la empresa y la normatividad establecida por las autoridades; con el fin de minimizar los riesgos de la mercancía y garantizar la rentabilidad de las inversiones (Castillo et al., 2015). Es importante para el proyecto conocer la logística del embalaje, ya que un mal manejo del cubicaje de mercancías implicaría para la empresa incurrir en grandes costos de operación y logísticos.

Es esencial una correcta coordinación de las operaciones de empaque al interior de un contenedor cuando se trata de la logística del embalaje asociadas a diferentes procesos en la gestión de los contenedores, ya que asegura una buena operación para las exportaciones e importaciones de las referencias, con el fin de optimizar tiempos de distribución de los diferentes empaques dentro de los contenedores, evitando los costos de operación y logísticos por consecuencias explicadas en el párrafo anterior (González, Talavera, Poquioma, Purizaga, & Chong, 2018)

En la actualidad las empresas al incursionarse en un nuevo campo de ejecución; en este caso, en el embalaje para la exportación de diferentes referencias, o si presenta un incremento drástico en la demanda; deberá enfocarse e integrar la producción y logística que se impartirá en la cadena de suministros para poder responder de una buena manera con los pedidos y las respectivas actividades que requieren. Llegando a la necesidad de estudiar las posibles complicaciones entre el lote de producción y el preliminarmente solicitado por el área de logística a producción y cómo esto puede afectar el servicio al cliente (Orejuela Cabrera & Bravo Bastidas, 2016).

Continuando con las posibles complicaciones de lote de producción, es pertinente conocer sistemas que trabajan bajo pedido, conocida en inglés como *Make To Order* debido a que el área de la empresa de estudio, se caracteriza por fabricar una determinada variedad de productos en lotes pequeño solicitados por el cliente, el proceso de planeación y control de la producción resulta compleja, por las diferentes decisiones involucradas en la secuenciación de las referencias, por lo anterior, es

vital definir una metodología que permita un buen manejo de recursos, sin afectar la calidad de los productos cumpliendo con la totalidad de la orden en un tiempo establecido (Rojas Trejos, Orejuela Cabrera, Arredondo Ortega, & Ocampo Jaramillo, 2017). Por lo anterior, es crucial tener una buena programación para definir una secuenciación que le permite a la empresa optimizar las diferentes actividades en el área de autopartes.

La programación de producción conocida como Scheduling, es una herramienta que define la secuencia que debe seguir la empresa para realizar alguna actividad en un orden cronológico y de manera simultánea. Su importancia en el proyecto tiene como objetivo optimizar los tiempos y la disponibilidad de las máquinas para realizar las labores. La empresa de autopartes involucrada trabaja con un ambiente Job Shop, donde, deben realizarse “X” trabajos en “Y” máquinas, y cada trabajo deberá pasar por al menos una máquina (no necesariamente en todas), ahora bien, para realizar el Scheduling los métodos utilizados comúnmente son los heurísticos debido a que comprenden diferentes procesos empíricos, con el objetivo de encontrar una solución óptima a un determinado problema, que en este caso de estudio es necesario encontrar la secuenciación a partir del cubicaje de las referencias (Abbas, 2016). Las empresas manufactureras requieren de un buen Scheduling por el control que necesita ser resumido en cuatro parámetros según Abbas: alistamientos disponibles de la planta; total de trabajos en el sistema; tiempo de preparación y operación para cada trabajo en cada máquina; y tiempo para completar todos los trabajos.

### **3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto**

La ejecución de este proyecto impacta directamente el área de autopartes de una empresa, mediante una propuesta de integración de la producción y la logística en un ambiente Job Shop, para el cubicaje de ciertas referencias. El proyecto le ofrece a la empresa una herramienta que abarca desde la contenerización de las referencias hasta la secuenciación por la que atraviesan estas, mediante la distribución interna de la mercancía. A su vez, cumple con una serie de normativas nacionales e internacionales como lo son la repartición del peso al interior del contenedor en un 60/40, un peso máximo de 19 toneladas y restricciones establecidas por la compañía; brindando una herramienta de fácil acceso y de bajos costos de inversión.

De no llevarse a cabo el proyecto o desarrollo de la herramienta, la empresa no cuenta con un software o aplicación que les permita tener cumplir con todas las restricciones que puede tener la contenerización, haciendo que se incurra en altos costos de operación, logística, reprocesos y desperdicio en el tiempo requerido, - ya que, para verificar dichas restricciones, es determinado por la prueba y error, lo que significa que distribuían las referencias empíricamente dentro del contenedor, sin tener en cuenta un cubicaje idóneo.

Se brindaría a la literatura las bases para un estudio el cual se tiene en cuenta diversos factores y restricciones, que permiten a la solución de un problema que en

conjunto muchas empresas y es la integración de la logística y producción, además de las restricciones internacionales que dificultan la forma en la cual se hace el cubicaje al interior del contenedor. También, abarca un ambiente de producción que dificulta la forma en la cual se elaboran los productos y es el Job shop, en el cual hay que tener en cuenta los productos de mayor importancia y los tiempos que tardan cada uno de ellos en producir

## 4 Metodología

Se llevó a cabo la siguiente metodología que se enfocó en el desarrollo de una herramienta que facilitó la integración entre la logística y producción, para ello, el proyecto se dividió en distintas fases como se muestra en la (Figura 2), para el cumplimiento de los objetivos obteniendo un orden cronológico, donde se basó desde la obtención de datos, hasta la elaboración de entregables.

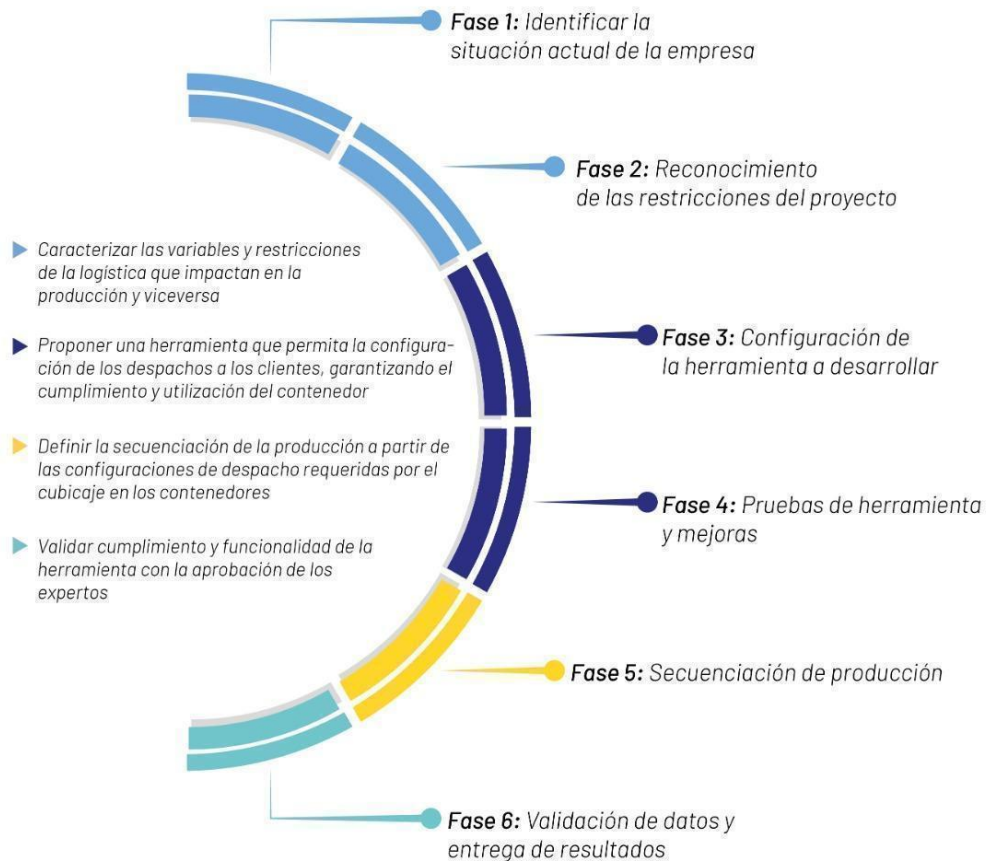


Figura 2 de fases

Fuente: Los autores

### Fase 1

Identificar la situación actual de la empresa.

Se realizó una investigación de antecedentes del proyecto buscando en las bases de datos y reuniéndose con la empresa la cual brindó información y enseñó el funcionamiento que tenían en el momento, donde se evidenció la problemática de estudio de la empresa.

- Investigar temas que van mayormente relacionados con el proyecto
- Recopilación de antecedentes ligados a los temas a tratar en el trabajo
- Conocimiento de la elaboración de diferentes procesos de la empresa por medio de entrevistas, visitas a la empresa y actividad en planta
- Obtención de información, datos pertinentes para la realización del proyecto teniendo en cuenta análisis de causa-efecto
- Identificación del problema por medio de la realización de la pregunta de objeto de estudio

## **Fase 2**

Reconocimiento de las restricciones del proyecto.

Se tuvo reuniones con los expertos de la empresa y se reconoció una serie de restricciones que debían cumplirse en el pedido para poder realizar la exportación. Se obtuvo el análisis de los datos, restricciones y variables que iban afectar el proyecto seguido de un acercamiento a la planta en donde se identificó el ambiente de producción, materiales y maquinaria en el área de autopartes.

- Reconocer referencias y datos de exportación en la literatura y brindados por la empresa, además de posibles desconocimientos de la compañía
- Identificar variables que afectan la logística y de la producción por medio de indicadores de utilización y cumplimiento de su capacidad
- Reconocer equipos y material utilizados en la secuenciación de cada una de las referencias para tener en cuenta la ruta crítica para un futuro análisis
- Identificar normatividad de embarcaciones internacionales en literatura y brindados por la empresa y posible información faltante que no está considerando la empresa

## **Fase 3**

Configuración de herramienta a desarrollar.

Se mejoró el código de programación de la herramienta elaborada por Erdogan según la necesidad del proyecto, que cumplía con las restricciones de apilamiento de las referencias que exigía la empresa y la normatividad, siendo necesario realizar estudios en Visual Basic donde se definieron las nuevas variables y restricciones del proyecto, siendo evaluadas mediante el ensayo y error, además, se comparó con otro software (EasyCargo), la solución que daban ambas herramientas.

- Conocimiento de softwares
- Utilización de tecnología optimizadora del contenedor
- Definir la configuración del contenedor de acuerdo a las variables y restricciones identificadas.
- Evaluar la utilización del contenedor

## **Fase 4**

Pruebas de herramienta y mejoras.

Fueron comparados los datos obtenidos, con los realizados en las primeras entregas para validar si la herramienta estaba respondiendo con el cubicaje. Se estableció algunos indicadores que permitieron obtener la utilización y si se estaban cumpliendo las restricciones en el almacenaje. La ruta dada por la herramienta y su animación estaba en la hoja "Solution" del Excel.

- Identificar que se cumple la utilización y restricciones del contenedor
- Verificar el cumplimiento del pedido del cliente
- Recomendar la herramienta que permita tener un balance en el aprovechamiento del contenedor y el cumplimiento de los pedidos con el cliente.

### **Fase 5**

Secuenciación de producción.

Se elaboró una secuencia (Hoja de Ruta de las referencias en la producción) teniendo en cuenta el cubicaje y el orden en que eran ingresados los paquetes al interior del contenedor por la herramienta.

- Evaluar el cubicaje completo del cliente
- Identificar secuenciación de acuerdo al cubicaje del contenedor
- Recomendar hoja de ruta con la secuenciación que expone la herramienta, teniendo en cuenta la configuración del contenedor.

### **Fase 6**

Validación de datos y entrega de resultados.

Se presentó ante los expertos la herramienta y su funcionalidad, comparándolo junto con los datos de los primeros pedidos elaborados. Siendo necesario realizar mejoras en su respectivo momento, pero cumpliendo con las variables y restricciones dadas por la empresa, al hacer un buen trabajo en la edición del código abierto de la herramienta.

- Validar funcionalidad de la herramienta con indicadores
- Verificar cumplimiento de todos los objetivos
- Realizar últimos ajustes para la culminación del proyecto.
- Calificación y observaciones por parte de los expertos

## 5 Resultados

### 5.1 Caracterización de variables y restricciones

En la empresa caso de estudio, se identificaron diferentes variables y restricciones que para cada pedido debían ser cumplidas, puesto que era necesario realizar una exportación con los estándares acordados con la empresa, y normatividad establecida por los países involucrados. Se recopiló información que impacta el proyecto realizando un análisis de los datos, restricciones y variables mediante un acercamiento a la planta e investigaciones en donde se identificó el ambiente de producción, materiales y maquinaria que estaban directamente relacionadas con el proyecto.

Para reconocer y caracterizar las variables y restricciones a la hora de realizar la integración entre logística y producción, fue necesario seccionar en distintas categorías ambos cuestionamientos; en cuanto a las variables, se identificaron todos los cambios probables que pueden ocurrir en la logística o la producción, para las restricciones, se encontraron las limitaciones que conlleva realizar el cubicaje y la hoja de ruta para la secuenciación de las referencias en el área de autopartes. Lo anterior, con el fin de simplificar la caracterización, y así, proponer soluciones de acuerdo con el nivel de importancia.

Se decide desarrollar este objetivo mediante la división por categorías para las restricciones:

- **Contenerización**

Se evidencian ciertas implicaciones que orientan realizar un buen cubicaje, debido a que una mala secuenciación para la producción de las referencias, afectaría el orden de ingreso y la distribución de los empaques, ya que habría productos que pueden ser fabricados teniendo en cuenta la similitud de las referencias, pero aún no pueden ser ingresados al interior del contenedor por su ubicación, generando que se requiera de un espacio de reorden y de almacenamiento previo. Se encuentran variables y restricciones que impactan la **logística** en función de los requerimientos del cliente.

*Tipo de contenedor:* Esta variable depende del contenedor a utilizar según el pedido del cliente, es un dispositivo de carga en este caso marítimo que sirve para la protección de mercancías y están fabricados de acuerdo con la normativa ISO-668 en concreto, aunque también existen contenedores en acero y aluminio. Los más extendidos a nivel mundial son los equipos de 20 y 40 pies, con un volumen interno aproximado de 32,6 m<sup>3</sup> y 66.7 m<sup>3</sup> respectivamente (Dalance, 2013).

*Posición de los paquetes:* Dicta cómo pueden distribuirse las referencias al interior del contenedor, ya que, en muchas ocasiones, cuando se transportan mercancía algunos productos no tienen problema en la posición del empaque, permitiendo que este sea rotado en cualquier eje. En caso de este proyecto las referencias no se pueden rotar, únicamente se pueden ubicar como se observa a continuación, posición X/Z.



Figura 3 Posición el empaque

Fuente: Los autores

*Altura máxima de los empaques apilados:* Este apartado se debe tener en cuenta porque en la logística cuando ya se está realizando el cubicaje de las referencias, se realiza por medio de un montacargas, entonces los empaques deben tener una altura máxima cuando están apilados para permitir la entrada de las horquillas, por lo anterior, 2,1 metros es la altura límite que pueden alcanzar las referencias apiladas del pedido dentro del contenedor, debido a que el montacargas debe tener espacio a la hora de ingresar paquetes a la parte superior.

*Carga Máxima o peso máximo:* En algunos casos cuando se apila referencias, se debe tener sumo cuidado ya que, si se coloca un producto más pesado encima de otro, podría ocasionar agrietamiento en el empaque, por tal razón existe la restricción de carga máxima por unidad, en el caso de la empresa NO se puede ubicar una referencia más pesada que otra encima, porque ocasiona rupturas en el material generando incumplimiento con los estándares de calidad del cliente.

*Forma del empaque:* Define la estructura que tiene un empaque afectando principalmente la logística, ya que un empaque con una forma compleja dificulta la distribución dentro de un contenedor ya que no brindaría mucha compatibilidad con otros empaques, en el caso de la producción al tener poca homogeneidad en la estructura, implicaría tiempos de alistamientos de máquinas para realizarlos. Por fortuna el formato del empaque de las referencias es rectangulares.

**Las variables y restricciones en la contenerización que afectan la producción mediante las cantidades ordenadas de las referencias son:**



*Pedidos:* Este apartado varía; la cantidad, forma y peso de los empaques. La cantidad; cómo se trabaja con 49 tipos de productos siendo un estándar preliminar lo que cambia es el número de referencias solicitadas por el cliente, forma, se refiere a las medidas de los empaques, ya que, todos los paquetes son rectangulares, en este punto la longitud varía entre 69 cm y 290 cm, siendo las referencias más pequeñas y grandes respectivamente, finalmente el peso, este punto está relacionado con la cantidad pedida por el cliente, el peso de cada referencia está entre 88 Kg y 776 Kg. Ahora bien, otras consideraciones claves a tener en cuenta son la fecha del pedido, referencia pedida, cantidad Pedida, punto de destino, entre otras que se identifican a lo largo del proceso.

*Lead time:* Son los tiempos de espera que puede tener cada producto, en donde la suma de cada uno de ellos dará como resultado el tiempo que tarda una orden emitida por el cliente en llegar, este tiempo depende de la necesidad del consumidor a la hora de requerir las referencias o brindando un dato estimado de cuánto puede tardar la exportación. Un mal cálculo a la hora de determinar el lead time, ya sea por el tiempo que tarda cada referencia en agregarle valor o por el ambiente de producción Job Shop en el alistamiento de las máquinas, dependiendo de la ruta que tenga cada referencia, genera una falsa promesa para el cliente y una pérdida de credibilidad y reconocimiento, ocasionando el retraso de la producción. Por lo tanto, se deben tomar medidas que permitan obtener con mayor exactitud los tiempos estimados para la contenerización y la elaboración del producto. Además, afecta la producción debido a que no se realizan pedidos a los proveedores con anterioridad.

- **Espacio de almacenamiento**

Actualmente la empresa cuenta con un espacio para inventariar y almacenar las referencias después de agregarle valor para realizar el cubicaje, brindando que las referencias que son producidas y no deben ser ingresadas en el primer contenedor por alguna razón, ya sea; están asignadas para el segundo o se ingresan de último en el contenedor.

Ahora bien, si se realiza un pedido que necesite más de 2 contenedores, el espacio se restringe debido a que, solo se puede almacenar referencias que ocupen un contenedor y el 70% del último, esto afecta la producción en cuanto la secuenciación que se realice de las referencias, por lo tanto, si se produce hasta el punto en donde no se ha ingresado ningún empaque dentro del contenedor y se llenó completamente el espacio disponible de almacenamiento, ocasiona problemas logísticos puesto que no se sabe qué hacer con las referencias que son producidas.

- **Normatividad**

Como se van a realizar exportaciones, es necesario tener en cuenta una serie de normas que rigen el desplazamiento del contenedor, ya sea en el país origen o el país de destino. La empresa debe cumplir con dos normas para realizar las exportaciones de las referencias que son “Ley de comercio y navegación marítima y Estatuto de transporte de mercancías” (Schettini, 2015). Como se puede ver en *ilustración 4 Mapa mental de los factores que impactan la contenerización*, es un factor logístico, que afecta la contenerización teniendo restricciones como:

*Peso al interior del contenedor:* Se hace referencia al peso total de todos los productos permitidos dentro del contenedor, este peso puede variar ya que depende también del volumen de los empaques, y de la cantidad de estos, teniendo en cuenta que para poder ser transportados el peso máximo permitido del contenedor con carga son 19 toneladas.

- El contenedor dividido a la mitad debe tener su peso distribuido en una proporción del 60/40%
- El 60% debe ir hacia el fondo del contenedor y el 40% por la puerta
- Lo más pesado debe estar ubicado en el centro de masa, para que, al movilizar el contenedor en la grúa, no se desestabilice
- El tipo de contenedor para realizar la exportación debe ser de 20 o 40 pies
- *Longitud permitida al apilar los paquetes uno encima de otro:* No se puede ubicar un paquete A sobre un paquete B si:
  - Largo paquete A < 0,9 \* Largo paquete B
  - Largo paquete A > Largo paquete B
  - El peso del paquete A > Peso de paquete B

A continuación, se ilustra de manera resumida las diferentes variables y restricciones que impactan la producción y la logística expuestas anteriormente, con el fin de que haya un acercamiento más sobre la caracterización de las variables y restricciones de la logística que impactan en la producción y viceversa.



Figura 4 diagrama de relación de la Integración de la logística y producción para una exportación

Fuente: Los autores

## 5.2 Configuración de los despachos, garantizando el cumplimiento y utilización del contenedor.

Para garantizar el cumplimiento de los despachos se debe realizar un proceso de validación del pedido del cliente con respecto a la contenerización, de forma que se cumpla con las restricciones asociadas a ese proceso. En caso, de no cumplir con estas restricciones se debe solicitar al cliente ajustes en el pedido para lograr la mayor utilización del contenedor. A su vez, después de definir las referencias y cantidades a contenerizar, se debe realizar la secuenciación de la producción teniendo en cuenta las salidas generadas del proceso de contenerización, ya que estas marcarían el orden de ingreso de los pedidos a las máquinas, tal como se muestra en el diagrama de proceso que se construyó de la situación actual:

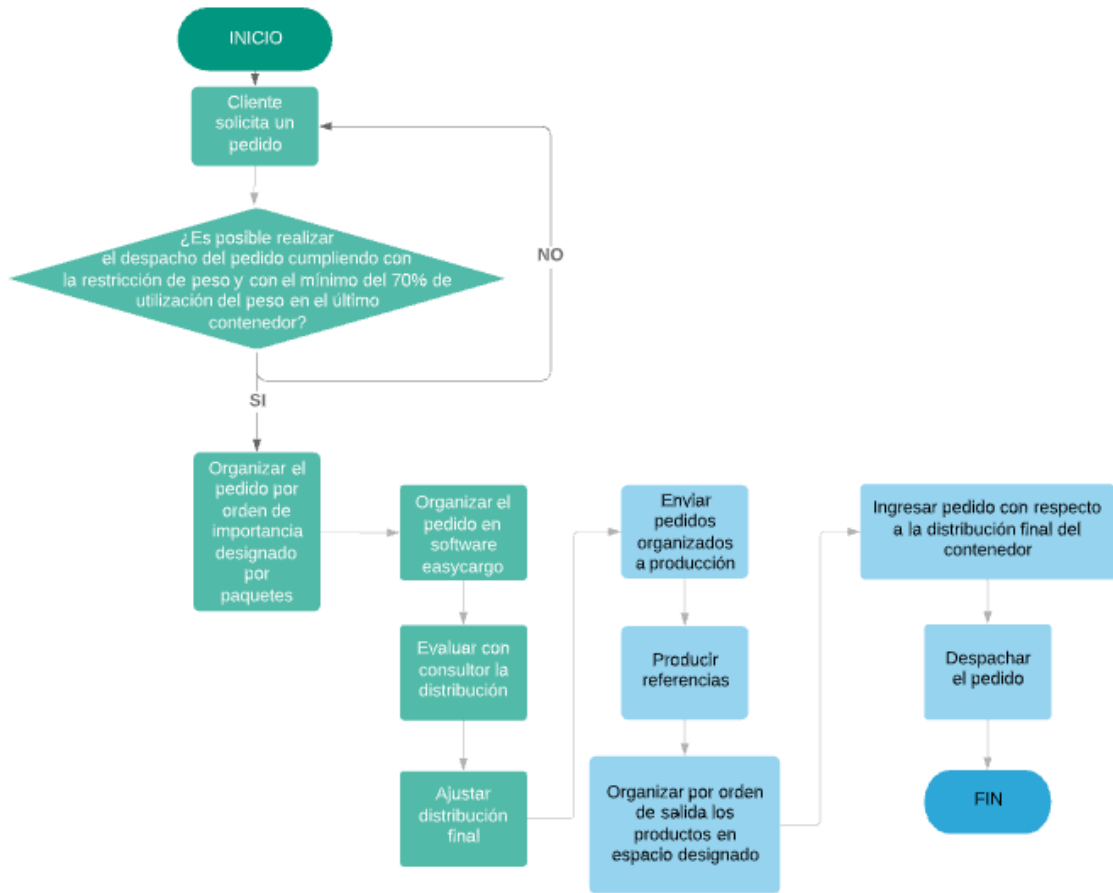


Figura 5 Diagrama de Proceso actual de la empresa

Fuente: Los autores

La empresa para realizar la contenerización, hace uso de la herramienta “*EasyCargo*”, para poder establecer una visualización preliminar de cómo deben ir los paquetes distribuidos al interior del contenedor, siendo agrupados entre sus semejantes (bien sea de longitud y peso), para posteriormente, enviar esta solución a un tercero, que verifique la veracidad de esta solución. Todo este proceso se demora alrededor de 4 días, generando un alto nivel de reproceso acomodando las referencias al interior del software y esperando a que el tercero brinde la solución correcta.

Cómo se observó en el diagrama anterior, se propone realizar primero el proceso de logística asociado a la contenerización. Por lo tanto, fue necesario utilizar una herramienta en Excel que está basada en la metodología de solución “*Large neighborhood heuristic*” creada por Erdogan, que se denomina “*Container Loading Problem*”; Que permite realizar la configuración de los items necesarios para despachar en un contenedor. A partir de diferentes parámetros que se establecen

en la herramienta ya sean: medidas de cada referencia, tipo de contenedor, cantidad de las referencias, número de contenedores a despachar, prioridad con que deben ser ingresadas las referencias, entre otras, brinda la posibilidad de visualizar los planes de carga de contenedores en 3D. A continuación, en la (Figura 6), se presenta una vista del contenedor vacío para tener una perspectiva un poco más clara de donde estarán distribuidas las referencias.

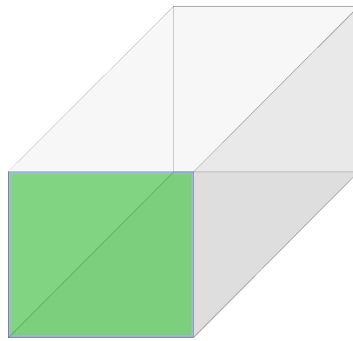


Figura 6 Contenedor Vacío

Fuente: Los autores

En la práctica, la planificación de la carga de contenedores generalmente se realiza mediante software especializado, y al hacer una comparación con la herramienta de Erdogan, Excel no necesariamente es la primera opción. Sin embargo, al tener el código abierto, permite que se le realicen los ajustes necesarios y que sea accesible para la empresa. Cuenta con una pestaña del paso a paso sobre cómo es la secuencia con que debe realizarse la configuración de los despachos. En la (Figura 7), muestra cómo se distribuye cada uno de los productos, que trabaja bajo el principio de *Large Neighborhood Research Heuristic*, es decir, a partir de un banco de soluciones infinitas, selecciona un área al interior de ellas, en donde escoge la mejor solución que pueda encontrar en ese “vecindario”. Desde el punto de vista de la contenerización, se puede tener en cuenta las diferentes formas en las que se puede acomodar los paquetes al interior del contenedor y que cumpla con las restricciones que se hayan establecido previamente.

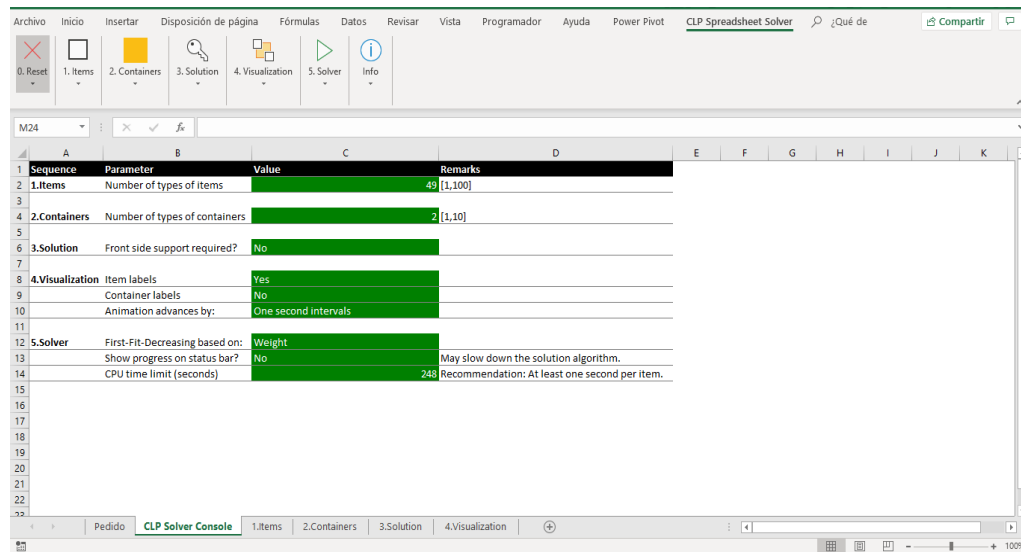


Figura 7 Diseño preliminar de la herramienta

Fuente: Los autores

Con ello, y determinando el número de contenedores que se requieren para realizar un pedido es

$$\text{Número de contenedores} = \frac{(\sum \text{Peso por pedido de los paquetes}) \text{ Ton}}{19 \text{ Ton}}$$

Ecuación 1 Calculo del Número de contenedores

Fuente: Los Autores

Se pudo tener un control respecto al porcentaje de utilización de los contenedores, determinando, cuándo es pertinente o no enviar un pedido. De no ser así, es necesario brindarle esta información al cliente para que ajuste su pedido, ya sea para aumentarlo o disminuirlo. La herramienta se ajustó para que considerara todas las restricciones asociadas al caso particular de la empresa caso de estudio, y para que fuese más automática a la hora de realizar el proceso de ingreso de la información, de acuerdo con los pedidos del cliente, teniendo en cuenta la cantidad solicitada y las especificaciones. En la siguiente ilustración, se puede observar un pedido con las cantidades y especificaciones de cada referencia en cuanto a dimensiones y peso.

Descripción	Número de lotes	Unidades por empaque	Longitud	Ancho	Altura	Peso total	Demanda [Unidad de Producto]
			Centímetros			kilogramos	
114792024	3	210	69	49	50	206,00	630
11107810	2	150	69	49	50	98,50	300
1110781	2	150	69	49	50	98,50	300
1016663	1	480	66	46	39	87,78	480
1235589	11	120	69	49	52	151,50	1320
1198822	1	20	229,3874	60,96	64,6	396,00	20
1198823	1	20	229,3874	60,96	64,6	396,00	20
1198700	0	40	229,3874	60,96	66	623,28	0
1198730	0	40	229,3874	60,96	66	623,28	0
1198731	0	40	229,3874	60,96	66	622,38	0
1198798	0	40	229,3874	60,96	66	606,50	0
1198799	0	40	229,3874	60,96	66	606,50	0
122264	3	120	150	55	36	495,00	360
1198704	1	40	290,3474	60,96	66	776,50	40
1198701	1	40	244,6274	60,96	66	657,00	40
1198732	0	40	244,6274	60,96	66	662,70	0
1198733	0	40	244,6274	60,96	66	662,70	0
1198801	1	40	244,6274	60,96	66	647,50	40
1198800	1	40	244,6274	60,96	66	647,50	40

Número de Items solicitados	34
Número de contenedores	2

Figura 8 Hoja de Pedido

Fuente: Los autores

Como se mencionó anteriormente, esta fue la forma con la cual se pudo garantizar el cumplimiento del pedido y utilización del contenedor beneficiando al cliente y a la empresa productora de autopartes, teniendo en cuenta, cuáles eran los factores variables y el tipo de restricciones que se pueden presentar en un pedido. Fue necesario identificar cuáles eran las restricciones que la herramienta aún no estaba en capacidad de cumplir. Por esta razón, se realizaron diferentes iteraciones y una lista de chequeo (Figura 9), para determinar bien sea por la visualización o la hoja de solución, si de esa forma pueden ser acomodados los paquetes.

Lista de chequeo de restricciones funcionalidad herramienta Erdogan				
Restricción	Cumplimiento			Observación
	Si	Parcialmente	No	
Forma del empaque: Rectangular	X			
Altura máxima de los empaques apilados: 2,1 m	X			
Carga máxima soportada por paquete		x		Dependía de cómo se designara la celda de prioridad, de cómo ubicar los paquetes en el contenedor sea peso, volúmen o ambas
Longitud permitida al apilar los paquetes uno encima de otro: No se puede ubicar un paquete A sobre un paquete B si: Largo paquete A < 0,9 * Largo paquete B Largo paquete A > Largo paquete B			X	No tiene en cuenta esta restricción
El peso máximo por contenedor es 19 Toneladas	X			
El contenedor dividido a la mitad, debe tener su peso distribuido en una proporción del 60/40%, el 60% debe ir hacia el fondo del contenedor y el 40% por la puerta			X	No tiene en cuenta esta restricción
Las referencias más pesadas debe estar ubicado en el centro de masa, para que al movilizar el contenedor en la grúa, no se desestabilice			X	No tiene en cuenta esta restricción
Medidas del contenedor de 40 pies	X			

Figura 9 Lista de Chequeo

Fuente: Los autores

A continuación, se describe el proceso de ajuste que se realizó a la herramienta, para dar cumplimiento a todas las restricciones asociadas a la empresa caso de estudio. Por medio de los porcentajes de utilización de espacio y el del peso, se determinó con la empresa, que el uso de contenedores de 20ft no es recomendado debido a que el espacio que se encuentra en el interior es muy reducido en comparación del tipo de paquetes que van a ser utilizados, impidiendo que se pueda tener un porcentaje mayor al 77% de utilización del peso

$$\text{Porcentaje de utilización del peso} = \frac{\sum \text{pesos de paquetes al interior}}{19 \text{ Toneladas}} * 100$$

Ecuación 2 Porcentaje de Utilización

Fuente: Los autores

Haciendo que se requiera de un mayor uso de contenedores de 20 pies. Por su parte, el contenedor de 40ft permite tener un porcentaje de utilización del peso cercano al 100%, que al efectuar la (Ecuación 2) sea más precisa respecto al número de contenedores que se requieren.





validar la restricción de la longitud permitida al apilar los paquetes uno encima de otro.

- **Anexo 1 Iteración 1 Prueba Piloto**

En esta iteración hubo un acercamiento preliminar de la herramienta, conociendo un poco acerca de la pestaña *CLP Solver Console*, su estructura, los datos que debían ser ingresados y comportamiento del Solver para la búsqueda de una solución a partir de un pedido de prueba, que fue asignado por la empresa compuesto por; 35 de 49 referencias y entre ellas había 189 productos, junto dos tipos de contenedores de 20 y 40 ft. Permitiendo que se puedan ingresar con cualquier orientación, asimismo, no había un orden de prioridad por lo que afectaba la restricción del peso máximo del contenedor y el centro de masa, a continuación, (Figura 11) muestra como las referencias fueron distribuidas en 2 contenedores de 20 ft los cuales se llenaron en su totalidad y 2 contenedores de 40 ft con las referencias restantes.

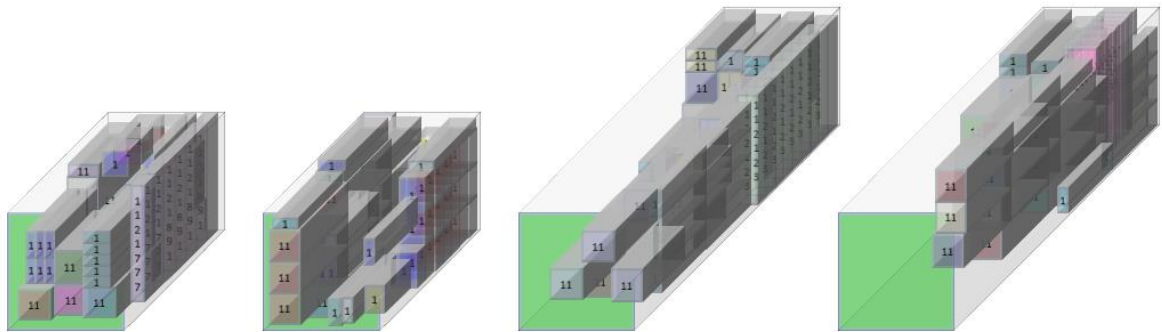


Figura 11 Visualización del resultado Iteración 1 Prueba Piloto

Fuente: Los autores

- **Anexo 2 Iteración 2**

Esta iteración tiene los mismos parámetros anteriores, a diferencia de que primero se realiza el cubicaje de las referencias en los dos contenedores de 40 ft hasta llegar al peso máximo y llenar con las referencias faltantes los contenedores de 20 ft, la (Figura 12).



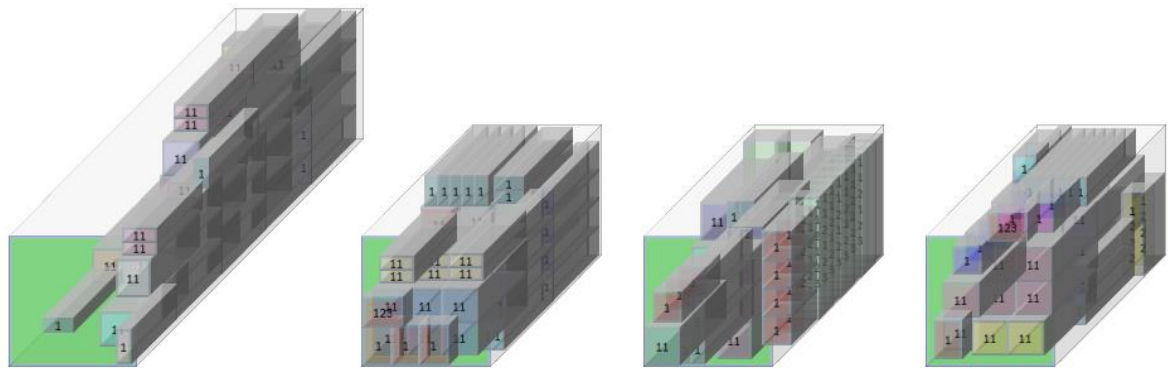


Figura 14 Iteración 4

Fuente: Los autores

- **Anexo 5 Iteración 5**

La última iteración de la fase de la búsqueda de la combinación de contenedores que mejor beneficio arroja terminó con la contenerización de 3 contenedores de 40 ft, y uno de 20 ft, donde se observó que la herramienta con tal de ubicar algo dentro de los contenedores que se programan deja espacios en vacíos en los grandes. La (Figura 15) se puede identificar los resultados que se elaboraron.

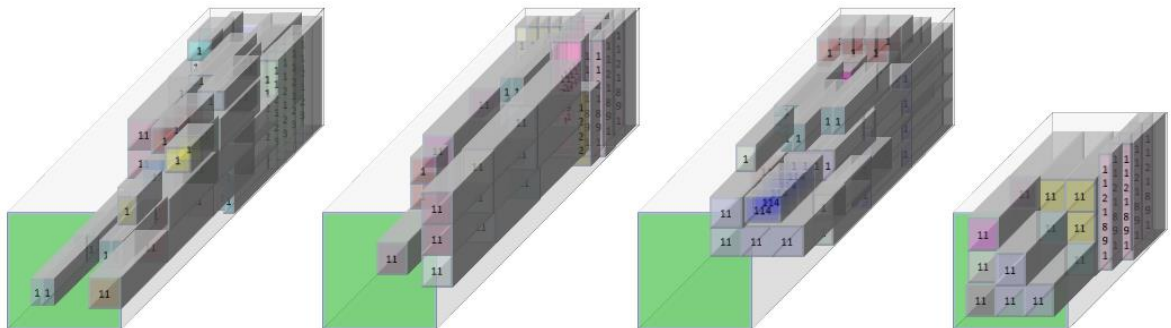


Figura 15 Visualización Iteración 5

Fuente: Los autores

- **Anexo 6 Iteración Longitud 1**

En este apartado la fase de investigación y descubrimiento de la herramienta había culminado, se realizaron adaptaciones para que se acercara cada vez más a los requerimientos de la empresa, aquí se logra evidenciar los diferentes ajustes que



productos en total que requieren ser despachados, esta iteración cumple en su totalidad con todas las referencias y variables establecidas anteriormente.

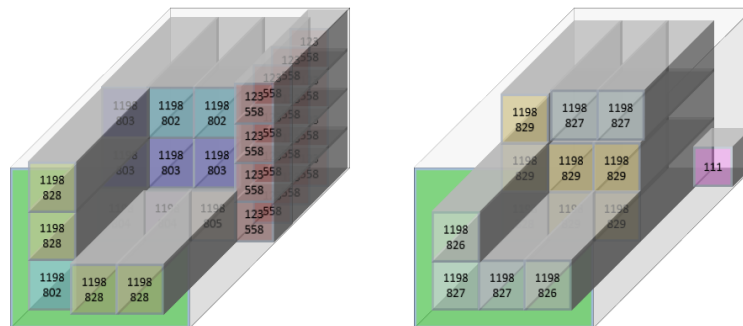


Figura 18 Iteración Longitud 3

Fuente: Los autores

Se evidencia las altas discrepancias entre los resultados obtenidos en la herramienta y lo que requería la empresa. Las iteraciones se volvieron indispensables para el desarrollo del proyecto. Mientras se realizaban investigaciones en detalle se identificaron nuevas restricciones, que afectaron considerablemente el proyecto, por ejemplo la limitación sobre la longitud la cual, fue expuesta anteriormente; fue necesario realizar diferentes pruebas o iteraciones (**Anexo 6 Iteración Longitud 1**), el cual, para validar el cumplimiento de esta nueva restricción se dividió la longitud de una referencia que está abajo y otra encima de ésta, si el resultado era menor o igual a 1 y mayor a 0.9 significa que cumple con esta restricción y podía llevarse a cabo la contenerización.

Ahora bien, esto último se logró debido a las modificaciones de la programación dentro del software de la Macros de Excel, que fue incluir la restricción del largo de los paquetes, la forma en que deben empezar a organizarse los pedidos y ya en la hoja de Excel, fue establecer las prioridades teniendo en cuenta el factor peso, obteniendo resultados finales ver (**Anexo 8 Container Loading Problem**) alcanzando buenos resultados cumpliendo con la mayoría de las solicitudes de la empresa que serán argumentados más adelante, finalmente, se muestra el cambio obtenido a lo largo del tiempo. Con el fin de corroborar lo mencionado anteriormente se muestra en la (Figura 19) de manera resumida todas las iteraciones realizadas



para cada parámetro, es decir, pruebas piloto, cambios de longitud y herramienta final.

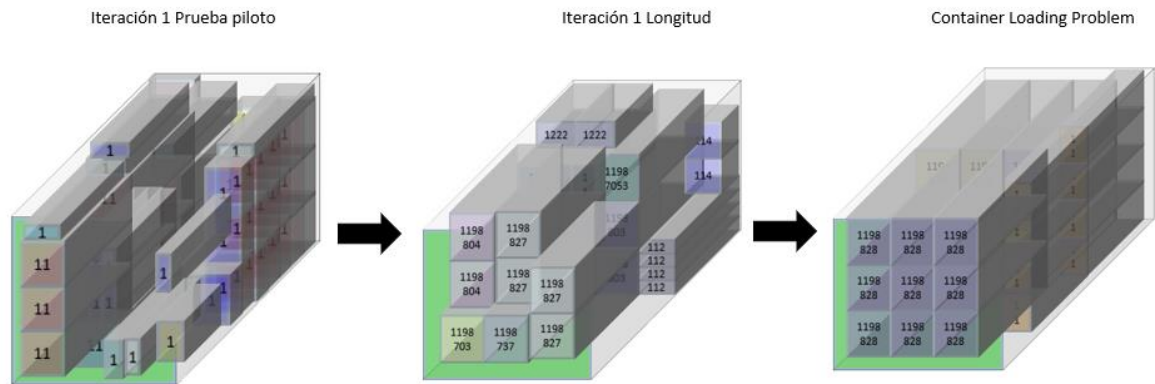


Figura 19 Visualización de las iteraciones realizadas

Fuente: Los autores

Finalmente, recopilando toda la información en cuanto a indicadores obtenidos, se presentan los resultados en la (Tabla 1) que se escogieron con el objetivo de comparar los avances que se tenían a lo largo del proyecto; promedio de utilización del peso de los contenedores, el cual se calcula mediante la suma total del peso de las referencias dividido el peso máximo permitido por el contenedor, promedio de utilización del volumen de los contenedores, obtenido por la suma del volumen de las referencias dividido el volumen del contenedor, finalmente el número de cumplimiento de restricciones, se calcula mediante la división entre las restricciones que satisface la iteración sobre el total de las 8 restricciones.

A lo largo del proyecto se evidenciaron diferentes avances significativos en cuanto a la contenerización, indicadores y cumplimiento de las restricciones. Sin embargo, no se llegó al 100% del cumplimiento de las restricciones debido a que hay referencias que por lo diferentes que son no tienen grupos similares para ser apiladas, afectando la restricción de la longitud, además que la herramienta con el fin de cumplir con el cubicaje de todas las referencias las posiciona de último, generando una ruptura sobre la *Longitud permitida al apilar los paquetes uno encima de otro*.

Iteración	Promedio de utilización del peso de los contenedores	Promedio de utilización del volumen de los contenedores	# de restricciones cumplidas
-----------	--	---	------------------------------

Iteración 1 Prueba Piloto	85%	53%	50%
Iteración 2	88%	53%	50%
Iteración 3	82%	71%	50%
Iteración 4	85%	63%	50%
Iteración 5	88%	45%	50%
Iteración Longitud 1	99%	70%	88%
Iteración Longitud 2	99%	75%	88%
Iteración Longitud 3	99%	78%	98%

Tabla 1 Indicadores entre las iteraciones

Fuente: Los autores

### 5.3 Secuenciación de la producción a partir de las configuraciones de despacho

El sistema de producción Job Shop de la empresa funciona mediante 5 rutas de proceso y cuenta con 5 centros de trabajo que son: la Cizalla, Punzonadora, Durma, Verson y Cortadora Láser, las cuales sirven para definir la secuenciación de las referencias, que están estandarizadas por diferentes parámetros, ya sea, por agrupaciones entre las similitudes de los productos como; altura, ancho, peso, además de procesos necesarios sin tener que realizar alistamientos de máquinas, con el fin de reducir tiempos muertos, ya que cada ruta cuenta con centros de trabajo distintos.

Actualmente existen tres máquinas las cuales son indispensables a la hora de fabricar puesto que, la mayoría de las referencias deben pasar por éstas; Cizalla es una máquina que sirve para hacer cortes limpios, es decir, sin virutas, calor o reacciones químicas del metal, el modelo utilizado para la producción es la Cizalla 1810, este es el primer proceso por el cual todas las referencias atraviesan, Verson es una prensa equipada con un sistema de extracción, es la encargada de realizar el punzonado de las referencias, siendo una operación mecánica con el fin de separar una parte metálica de otra que no se necesite. Por último, la Durma, es la que permite realizar los dobleces de las referencias por medio de golpes fijando una parte de la lámina. La Cortadora láser no es necesaria para realizar todas las referencias existentes, se utiliza principalmente como apoyo a la Cizalla (Serrano, 2015).

De las 49 referencias existen 10 que siguen la ruta 1, debido a la alta similitud entre las referencias, ya sea entre la longitud, ancho o cantidad de dobleces. Estas no tienen un orden de fabricación que exista entre sí, sin embargo, en el proceso algunas referencias necesitan varios dobleces, siendo una de las etapas para la obtención del producto terminado, por ello se recomienda realizar primero las



referencias que tienen la mayor longitud, seguido por la cantidad de dobleces que son generados por la Durma, puesto que son las que más tiempo en proceso consumen y no requieren de muchos cambios en la base en donde se ubican las láminas.

La ruta inicia con la recepción de materias primas, las cuales empiezan el proceso productivo desde este momento. La cizalla es la primer máquina a la que ingresan, este proceso tarda en promedio un día dependiendo la cantidad de dobleces, normalmente son entre 2 y 4, luego pasan por punzado externo un proceso que tarda en culminar entre 4 y 5 días, una vez terminado el punzado el producto sin terminar pasa por la Durma, en donde el proceso no es tan demorado, puesto que el mismo día que ingresa termina, finalmente se le realiza al producto acabados metálicos para que pueda ser empacado y ubicado dentro del contenedor.

A continuación, se muestra la (Figura 20) donde se resume lo expuesto anteriormente, junto con el proceso que deben atravesar 10 de las 49 referencias presentadas en este problema.

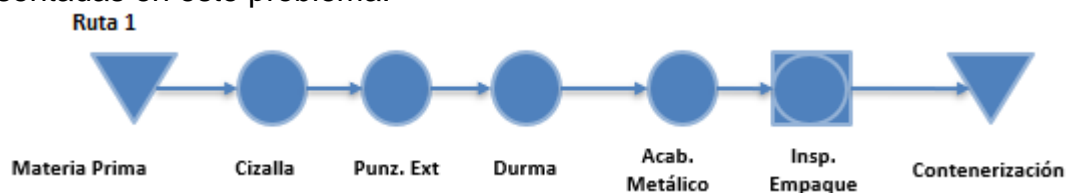


Figura 20 Ruta 1

Fuente: Los autores

La (Figura 21) que corresponde la ruta 2, es aquella que contiene la mayor cantidad de referencias, contando con 31 de ellas. Trabajan máquinas como la Verson y la Durma, que por la similitud que hay entre cada una de sus referencias, deben generar el mismo número de dobleces en la Durma, que son 3 y cuentan con una medida similar. La secuencia de producción se establece ingresando a la máquina las referencias de mayor a menor en la longitud, para poder fijar rápidamente las referencias en el banco en donde ocurren los procesos, facilitando el funcionamiento de la Verson. Las referencias de la ruta 2, es la que mayor importancia tiene a la hora de transitar por la Verson. Finalmente, se hará una inspección por empaque debido a la exigente normatividad internacional en el recibimiento de las referencias, para luego, ingresar en el contenedor.

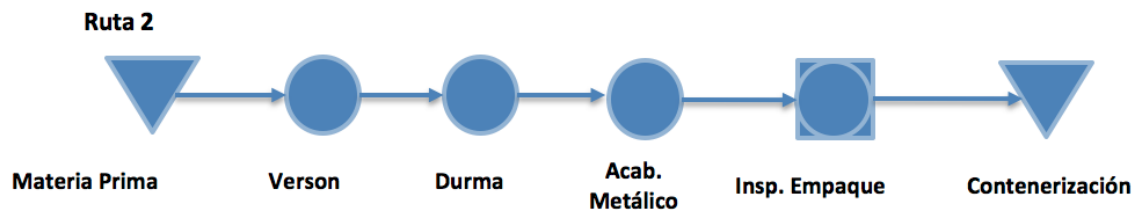


Figura 21 Ruta 2

Fuente: Los autores

Ahora bien, la (Figura 22) que corresponde a la ruta 3, contiene hasta el momento 3 referencias las cuales se agrupan por longitud ordenándose de menor a mayor debido a que después de la Cizalla la siguiente máquina por donde continua la secuencia es la Verson. No obstante, la ruta 2 empieza por la que tiene mayor longitud terminando en la de menor tamaño, lo que significa que la última referencia secuenciada en la Verson para la ruta 2 es la de menor tamaño de las 31 referencias que se encuentran para esta ruta, ocasionando que la primera referencia de la ruta 3 sea la de menor longitud, encontrando una relación entre las rutas 2 y 3, con el fin de evitar alistamientos de máquina, y procesos innecesarios. El proceso arranca desde un arribo de materia prima para luego ser cortada en la Cizalla, con el fin de trasladarla a la Verson, una vez culminado esto, el turno es de la Durma, para finalmente un acabado superficial para finalmente contenerizar. A continuación, se presenta el gráfico de la ruta 3, donde se evidencia el proceso que deben realizar las 31 referencias para el producto terminado.

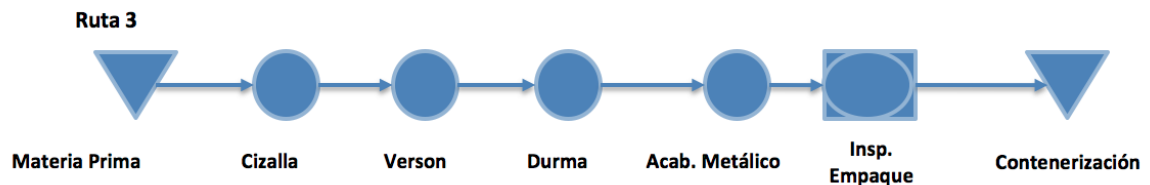


Figura 22 Ruta 3

Fuente: Los autores

La (Figura 23), que corresponde a la ruta 4, sólo cuenta con dos referencias, sin embargo, es la que mayor prioridad tiene para agregarle valor, ya sea en la Cizalla o la Durma. Respecto al tamaño de las referencias, primero debe pasar la de mayor longitud y luego la otra referencia, que es la más corta de todas. Su proceso es sencillo, ya que el número de cortes y de dobleces es solo uno, agilizando el proceso y poniendo así a trabajar a los de acabado metálico e inspección de empaque lo más rápido posible.

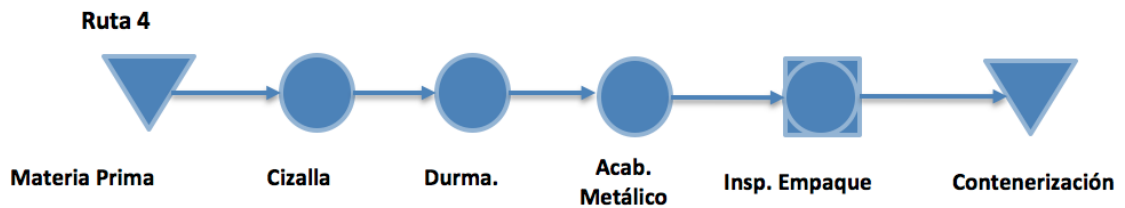


Figura 23 Ruta 4

Fuente: Los autores

Por último, está la (Figura 24), que corresponde a la ruta 5, la cual tiene un proceso que es tercerizado para sus tres referencias que es el de la cortadora láser, seguido a esto, pasa por un proceso de doblado en la Durma. Al contar con tan pocas referencias, es la de segundo nivel de importancia en la Durma, las cuales, deben entrar a la base en el orden de su longitud de menor a mayor. Su secuencia es la siguiente:

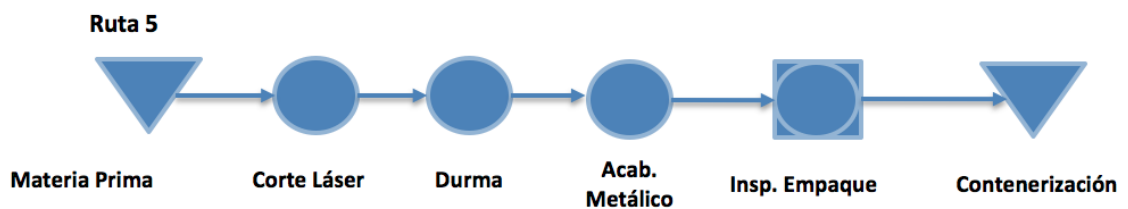


Figura 24 Ruta 5

Fuente: Los autores

Por lo anterior, para definir la secuencia por la cual deben pasar las referencias por máquina, se debe tener en cuenta las prioridades definidas por la empresa que pueden afectar el resultado, considerando las particularidades del proceso productivo asociados a la eficiencia, alistamientos de máquinas y calidad del producto. Entre estas prioridades está la de la Verson, que comprende primero las referencias de la ruta 2 y luego, las de la 3. Las rutas 4, 1 y 3 en ese orden, son prioritarias en la máquina Cizalla, por último, todas las rutas en el orden 4, 5, 1, 2 y 3 atraviesan la Durma, siendo esta última el cuello de botella identificado en la producción, ya que la mayor parte de sus referencias, deben pasar por esta máquina.

Una vez caracterizadas las variables y restricciones mencionadas anteriormente a la hora de realizar la integración entre logística y producción, configurando los despachos y garantizando el cumplimiento y utilización del contenedor, se realizó una iteración en la herramienta de un pedido de dos contenedores, con el fin de definir la secuenciación de la producción a partir de la distribución de las referencias de los resultados obtenidos en la contenerización. Se consideró la prioridad

previamente especificada de las máquinas y el orden de importancia que tiene cada referencia por ruta, con el objetivo de relacionarlo con el orden de secuenciación logrado por la herramienta, para identificar el grupo de unidades que atraviesan por cada una de las rutas, evitando que se produzcan referencias que no van a ingresar al contenedor inicialmente, ocasionando que deban ser almacenadas. Por lo anterior, fue necesario organizar en Excel los resultados obtenidos en la herramienta *Container Loading Problem* para identificar el orden y la máquina de inicio de acuerdo a la prioridad de rutas teniendo en cuenta que el alcance del proyecto es definir la hoja de ruta, más no el scheduling de todas las referencias con sus tiempos de terminación, obteniendo los resultados expresados en el **(Anexo 9 Rutas)**, esta muestra las referencias, longitudes, rutas, máquina de inicio y finalmente el orden de cada producto por ruta, el cual, se definió de acuerdo a las prioridades de rutas en las máquinas, luego dentro de cada ruta se ordenó con base a las restricciones que fueron mencionadas anteriormente.

#### **5.4 Validar cumplimiento y funcionalidad de la herramienta**

Se trazó como objetivo principal, que la herramienta cumpliera con las restricciones y funcionara correctamente a la hora de correr el heurístico en el software. Es por ello, que a partir de las iteraciones previamente mencionadas y los distintos cambios realizados en el código de la herramienta como: la inclusión de la restricción del tamaño del paquete A encima del B y el orden en que son ubicados los paquetes, se busca hacer una comparativa y validación del cumplimiento de las restricciones dadas previamente por el Excel. Todo esto por medio de una lista de chequeo en la que se evidencia las distintas observaciones realizadas por especificación junto con la veracidad de su cumplimiento.

En la (Figura 25) se puede observar que existe una restricción, de que a pesar de los distintos cambios realizados, no fue posible garantizar su cumplimiento en un 100%, ya que, como bien dice en la observación, las últimas referencias que busca ubicar el heurístico, no son posibles de acomodar sin incumplir esta restricción, debido a que la restricción de peso planteada en los otros contenedores, no permite ubicar más paquetes en esos extremos y deben ser posicionadas en aquel que encuentre libre, es decir las referencias con mayor proporción de error, son las de menor tamaño, ya que ni tendrían en donde más ubicarlas, si no es encima de otra referencia incumpliendo la restricción de longitud.

Se realizó una comparativa con soluciones previas dadas por EasyCargo, y se puede presenciar cierta similitud en la agrupación por referencias al interior del contenedor. En donde se busca principalmente agrupar las que son iguales y seguido a ello, las que tienen igual medida, pero distinto peso, sin incumplir la restricción de que no se puede ubicar referencias de mayor peso, encima de una de menor. Otro aspecto para tener en cuenta de ambas soluciones fue el tiempo que se tarda en encontrar la solución. Por parte de EasyCargo, fue necesario realizar una distribución base que demora alrededor de 2-3 días teniendo en cuenta las restricciones y la jerarquización dada para la producción; que demora alrededor de

2-3 días. Seguido a esto, esperar la aprobación del tercero, que puede tardar otros 2-3 días en dar la última palabra, ya que no solo trabaja para ellos y los ajustes son manuales. En cambio, la herramienta “Container Loading Problem”, tarda tan solo 2 segundos por referencia solicitada, que de ser un pedido que incluya 100 referencias, solo tardará 200 segundos en dar la solución, cumpliendo con todas las restricciones y una base de cómo deben seguir la secuencia de producción.

<b>Lista de chequeo de restricciones para la logística en la contenerización</b>				
<b>Restricción</b>	<b>Cumplimiento</b>			<b>Observación</b>
	<b>Si</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>No</b>	
Forma del empaque: Rectangular	X			
Altura máxima de los empaques apilados: 2,1 m	X			
Carga máxima soportada por paquete	X			No pueden ubicarse referencias de mayor peso, encima de otra
Longitud permitida al apilar los paquetes uno encima de otro: No se puede ubicar un paquete A sobre un paquete B si: Largo paquete A < 0,9 * Largo paquete B Largo paquete A > Largo paquete B		X		Por las restricciones de la herramienta, es inevitable el cumplimiento total de esta restricción, ya que son las últimas referencias que quedan por ubicar y normalmente sucede con las de menor longitud y peso, buscando ubicarlas en el contenedor donde haya espacio y soporte peso
El peso máximo por contenedor es 19 Toneladas	X			
El contenedor dividido a la mitad, debe tener su peso distribuido en una proporción del 60/40%, el 60% debe ir hacia el fondo del contenedor y el 40% por la puerta	X			Para el cumplimiento de esta restricción se divide el contenedor de 40 pies por la mitad, en donde una mitad soporta el 60% del peso y la otra el 40%. Finalmente, se uniran las caras del fondo, permitiendo centrar su peso en el centro de masa del contenedor
Las referencias más pesadas debe estar ubicado en el centro de masa, para que al movilizar el contenedor en la grúa, no se desestabilice	X			Por el orden de ubicación de los paquetes, y dividiendolo con el 60 y 40%, se puede garantizar la ubicación del peso mayormente en el fondo, permitiendo cumplir con esta restricción al unirlos por estas caras
Medidas del contenedor de 40 pies	X			

Figura 25 Lista de chequeo de restricciones

Fuente: Los autores

Cómo método de solución y garantizar el cumplimiento tanto del centro de masa como del 60/40%, fue necesario realizar un análisis previo acerca de cómo planteaba la posible solución la herramienta. Que, a partir de dividir el contenedor en dos partes iguales, pero con distinta capacidad, se observó que existe un orden establecido para guardar las referencias una por una al interior, que es desde la esquina inferior del fondo del contenedor. Siendo así, al momento de juntar ambas paredes del fondo, su peso iba a estar concentrado en esta zona, ayudando con el cumplimiento del centro de masa.

Para los expertos, fue necesario explicar todas estas circunstancias y limitaciones dadas por la herramienta, para que entendieran y tuviesen una perspectiva de cómo iba a ser su funcionamiento. Es por ello por lo que se elaboró un diagrama de procesos de cómo serían las actividades una vez estuviese implementada la herramienta y un manual de usuario para facilitar su uso, junto con un tutorial que ayuda al entendimiento de cada pestaña que desglosa la herramienta.

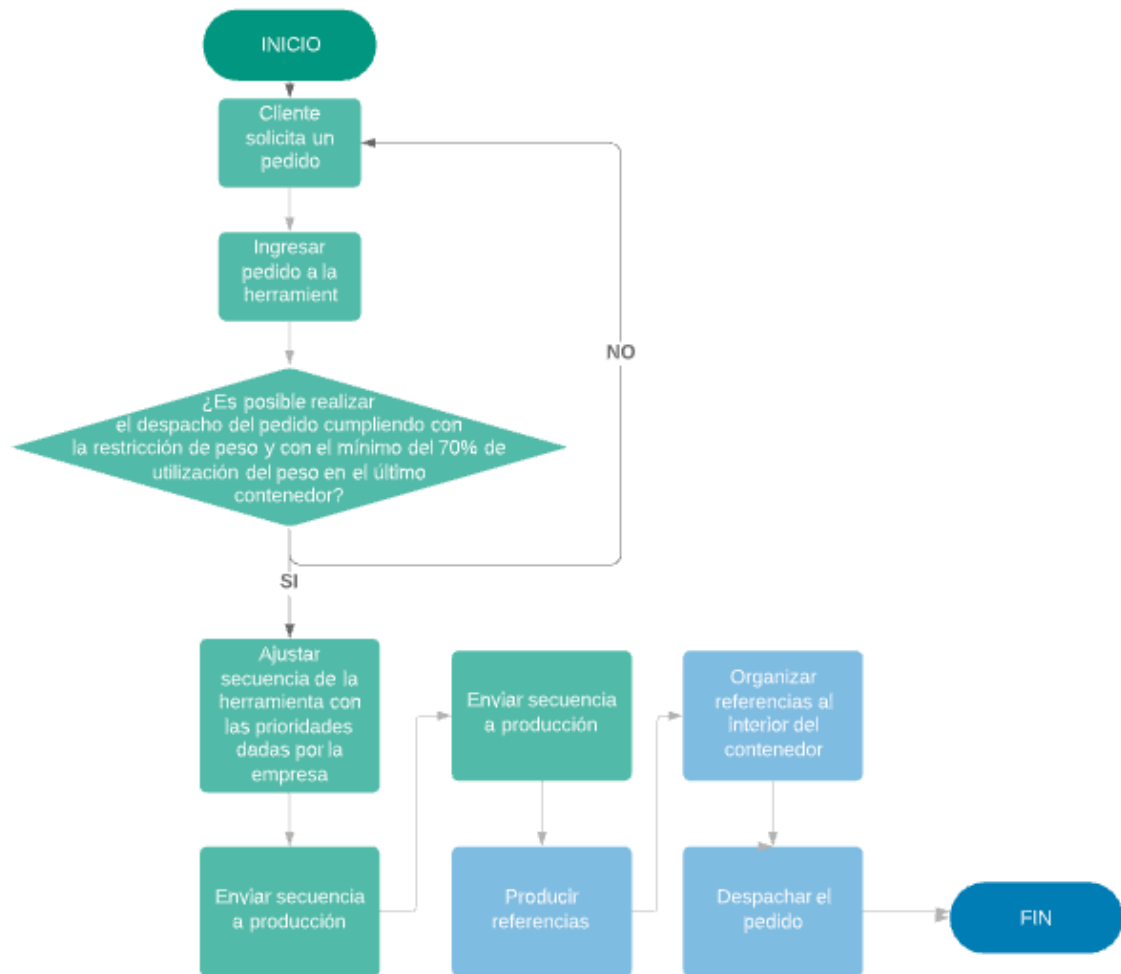


Figura 26 Diagrama de proceso implementación de la herramienta

Fuente: Los autores

Como se dijo anteriormente, la similitud de la solución con la de EasyCargo, permite tener confiabilidad en la herramienta y que pueda ser usada para las futuras contenerizaciones ver **Anexo 10 Prueba Hta Icesi 1 y 2**, los cuales muestran los resultados que se obtuvieron a partir de la herramienta *Container Loading Problem*,

ocasionando que se deje de usar terceros para la organización del contenedor e invertir menos tiempo en reprocesos. Ayudando a encontrar el orden de producción con base a la distribución encontrada por el heurístico, respecto al ingreso de las referencias al interior del contenedor.

Para validar el cumplimiento y funcionalidad de la herramienta con la aprobación de los expertos se realizó un **Anexo 11 Esquema de Evaluación**, y retroalimentaciones que están sustentadas vía correo electrónico en el que se resume el proceso por el cual se atravesó para llegar a los resultados actuales. Al ser un proceso nuevo para la compañía y trabajar con referencias tan heterogéneas, los primeros meses de trabajo se concentró principalmente en la recopilación de restricciones que para la empresa eran cruciales a la hora de contenerizar. Conforme se obtenían resultados asimismo se configuraba la herramienta, con el fin de adecuar las necesidades del proceso de la integración entre la logística y producción en un ambiente Job Shop y visualizar el orden exacto de los paquetes en el contenedor para definir la hoja de ruta del proceso.

Para evaluar la opinión de los expertos, se diligenció un formato de encuesta el cual permite tener una visión tanto de factibilidad, viabilidad y criterios técnicos de la herramienta, ya sea por su funcionamiento o cumplimiento de restricciones dadas en el caso. De acuerdo con la información suministrada (Figura 27), se puede observar que la herramienta va a ser útil a la hora de realizar su implementación y respecto a costos y criterios económicos, se espera o percibe, que va a haber una reducción notoria respecto al tiempo que requiere elaborar la contenerización y corrección de la distribución por parte del tercero. Va a servir mayormente como una guía acerca de qué paquetes deben ir en cada contenedor, ya que la visualización que permite brindar la herramienta no es la mejor guía para dar el orden. Siendo mejor en este caso el uso de la herramienta EasyCargo, llegando a ser un buen complemento.

Ahora bien, de acuerdo con una validación que se obtuvo con la empresa se comprobó que cumple con la distribución de peso y volumen en los contenedores, ocasionando que el proceso contenerizar por contenedor pase de tardar aproximadamente 45 min a 5 min. Finalmente, es relevante mencionar que a partir de este proceso se activan otros para finalizar con el proceso de exportación, es por ello, que la importancia en la agilidad y efectividad de la información generada por la herramienta es pertinente y muy funcional para la empresa, todo esto fundamentado en un escrito de los expertos ver **Anexo 12 Correo de Validación**.

FAVOR EVALUAR CON NOTAS DE 1 A 10		ESQUEMA DE PUNTAJE: BAJO: 1-3 MEDIO: 4-5 ALTO: 6-8 EXCELENTE: 9-10	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		NOTA	
I. CRITERIO DE FACTIBILIDAD		Propuesta de integración para la logística y producción en un ambiente Jobshop	OBSERVACIONES
1.	<b>Factibilidad de la propuesta</b> Grado en que la propuesta de la herramienta pueda ser utilizada para la contenerización Grado en que la propuesta de la herramienta pueda ser utilizada para la producción	8	El resultado obtenido en la herramienta ha sido validado como Plan de Cargue, sin embargo, debido a las limitaciones gráficas de la visualización en Excel, no se puede utilizar como guía de cargue. El resultado obtenido activa los procesos siguientes de realización de etiquetas, realización de certificados de calidad, realización de facturación.
II. CRITERIOS DE VIABILIDAD			
2.	<b>Criterio tecnológico:</b> Grado en que la propuesta desarrollada tiene los conocimientos, métodos y técnicas indispensables para su ejecución (tecnología), cumplimiento del sistema de producción Jobshop y que estas están disponibles en el entorno de la compañía. (computadores, programas de capacitación, etc.)	9	La herramienta basada en Excel permite una correcta y fácil utilización en la compañía.
3.	<b>Criterio Económico:</b> De implementarse la herramienta, en que grado generará un beneficio económico respecto a los gastos presentes en la contenerización actualmente ¿Cuáles serían?	8	En la primer semana de Noviembre se compartirá esta herramienta al equipo de Ingeniería para validar junto a ellos el resultado de la herramienta, buscando cambios en el proceso de Contenerización Actual, y de lograrse la reducción en el costo del proceso de Contenerización por Mes se podría reducir en un 80 % aprox.
III. CRITERIOS TECNICOS			
5.	<b>Sostenibilidad</b> (calcular promedio entre las siguientes categorías): <b>Financiera:</b> - Grado en que la propuesta prevé posibilidades de continuidad en base a recursos propios o con recursos de otras fuentes.	9	Esta herramienta puede continuar su integración de manera más detallada con el Scheduling de la línea de producción, buscando que a partir de los datos de demanda de unidades por mes, se automatice el scheduling de todas las máquinas de la línea, se activen los requerimientos de OPCs y RQIs en el sistema UNOe, se realicen los Packing List, se prepare el formato de los certificados de calidad y se organicen los tableros de control de producción de la línea de producción.
6.	<b>Innovación:</b> - Grado en que la propuesta presenta variantes respecto a los enfoques corrientes para abordar el problema identificado.	10	Esta herramienta tiene un gran factor de innovación, pues a tan bajo costo no se conoce en el mercado una herramienta que cumpla con las restricciones de contenerización de nuestra línea de producción.
7.	<b>Replicabilidad:</b> - Grado en el que la metodología del proyecto y sus actividades podrían convertirse en modelo para la solución de problemas similares en otras líneas de producción.	9	El conjunto de restricciones ingresadas a la herramienta permiten asegurar que la replicabilidad de esta metodología funcionará para problemas de contenerización similares que puedan presentarse en otras líneas de producción.
8.	<b>Coherencia de la propuesta</b> Grado en que los resultados esperados dan cuenta de la solución a las restricciones identificadas. Grado en que las propuestas ayudan al aumento del nivel de eficiencia al momento de realizar la contenerización y producción respecto a los tiempos que se tardan normalmente en todo el proceso	10	El proceso de contenerización sin la herramienta, es un proceso arduo en el que se el algoritmo es sencillamente asignar paquetes manualmente y si no funciona, empezar desde cero. Con esta herramienta el resultado es un resultado que cumple con las restricciones de la vida real conocidas hasta el momento, lo que permite definir en 5 min máx., la distribución de n paquetes en m contenedores.

Figura 27 Esquema de Evaluación

Fuente: Los autores

## 5.5 Conclusiones

La herramienta propuesta permitirá al cliente tener una mayor facilidad a la hora de realizar la contenerización y una disminución radical de costos, al no requerir el uso de algún software especializado o seguir con la contratación de un tercero que realice la validación de la distribución hecha.

Se debe entender la complejidad e incidencia que puede tener un ambiente Job Shop a la hora de realizar la contenerización, siendo necesaria la elaboración de una hoja de ruta respecto a la secuenciación u ocupación de las máquinas, ya que evitará que se incurra en una gran cantidad de alistamientos por la variedad referencias; que al no ser homogéneas entre sí por las medidas o perforaciones que



requieren, hace que sea necesario ajustar las máquinas dependiendo el tipo de referencia. De no contar con un gran espacio para almacenar los paquetes después de agregarles valor, va a generar desorden y estancamiento para la empresa, como diversos reprocesos a la hora de ingresar los paquetes al contenedor.

Por lo anterior, los aspectos de la logística y producción deben ir de la mano, ya que permite gestionar de mejor manera el orden y la jerarquización con que debe ser ingresados los paquetes cumpliendo con las restricciones, que permitan a la empresa realizar este proceso con la mayor brevedad posible y poder cumplir al cliente de la mejor manera, definiendo con mayor exactitud los tiempos de tardanza, tanto de producción como de la logística y la contenerización. En conclusión, la integración de las distintas partes de una empresa es vital para tener un correcto funcionamiento y efectividad a la hora de realizar las actividades de contenerización. Permitiendo tener una comunicación directa entre las distintas partes, para así, definir cómo se van a llevar a cabo las cosas junto con la mayor efectividad.

## **5.6 Recomendaciones**

### **Recomendaciones a la empresa o sector de aplicación:**

- Cómo propuesta de mejora puede realizarse un mejor análisis acerca de cómo realizan las exportaciones actualmente otras empresas, para así, poder tener una base y no tener que aprender a realizar las exportaciones bajo la marcha o con exceso de reprocesos, efectuando una mejor planeación previa.
- Tener una mayor integración entre las distintas partes involucradas, ya que, cierto personal posee un mayor conocimiento e información, acerca de cómo se realizan las labores de la contenerización tanto de logística como de producción y no pareciera que todos estén enterados de las actualizaciones, evidenciándose la necesidad de realizar juntas más seguido y discusión de resultados y proceso.
- Mejorar la recopilación de información de los empaques, definiendo adecuadamente desde el principio los pesos y las medidas de las referencias para poder ejecutar la herramienta de la forma óptima.
- Fomentar la capacitación e investigación tecnológica acerca del uso de las herramientas de contenerización, que permitan tener un mayor acceso a ellas y tener información sobre la funcionalidad.
- Es de vital importancia, realizar agrupaciones a la hora de elaborar la hoja de ruta de producción de las láminas, ya sea por su similitud en el tamaño, perforaciones y a su vez, considerar el orden en que ingresaran los paquetes al interior del contenedor. Para evitar reprocesos o pérdida de espacio por tener inventario.

### **Recomendaciones para investigaciones futuras:**

- Se puede hacer un análisis más a fondo de las personas involucradas en la contenerización, bien sea con sistemas de trabajo flexible, para definir de una mejor manera las labores y funciones de los involucrados, que permitan

estandarizar mejor los procesos y obtener una mayor efectividad a la hora de realizar esta labor.

- A partir de la secuencia inicial dada por la herramienta y los criterios de la empresa para realizar la secuenciación de la producción, se puede mejorar este análisis de tal forma, que permita realizar un empalme entre la jerarquización dada por ambas partes, para así; definir de mejor manera el orden de importancia dado incluyendo los tiempos de inicio y terminación de cada una de las referencias, junto con las máquinas que requiere y su disponibilidad.

Por la parte de programación de la herramienta, se puede mejorar o programar el código en otra plataforma más especializada y con mayor capacidad, para agilizar el proceso y obtener resultados más certeros, no solo con el heurístico establecido en ella.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alomía, C., & Lozano, S. (2013). Programación de la producción en ambientes Job Shop - bajo pedido, basado en el enfoque de proyectos con restricciones de recursos. <https://doi.org/10.1159/000481873>
- Castillo, J. J., Solano, A. B., Elías, J., Sánchez, J., Gastón, M., & Campos, C. (2015). CUBICAJE Y SU EFECTO ECONÓMICO EN EL COSTO LOGÍSTICO DEL TRANSPORTE Y COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL. Retrieved from <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt440.pdf>
- Erdoğan, G. (2017). User's Manual for CLP Spreadsheet Solver.
- González, R., Talavera, Á., Poquioma, A., Purizaga, E., & Chong, M. G. (2018). Sistema De Reservas Para Mejorar La Logística De Contenedores Vacíos Caso De Estudio De Un Almacén De Contenedores En El Perú. *Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios*, 11(01), 222. <https://doi.org/10.19177/reen.v11e0i2018222-245>
- Orejuela Cabrera, J. P., & Bravo Bastidas, J. J. (2016). *Ingeniería y Desarrollo. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo* (Vol. 34). Fundación Universidad del Norte. Retrieved from <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/6200>
- Proexport Colombia. (2012). Industria Automotriz En Colombia Proexport Colombia.
- PROMEXICO. (2016). LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ. Retrieved March 18, 2019, from <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/la-industria-automotriz>
- Roberta Pereira, C., da Silva Garcia, F., & Lago Da Silva, A. (2015). Supplier Relationship Management: a review focused on Logistics and Production integration. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 10(4), 1–20. <https://doi.org/10.15675/gepros.v10i4.1266>
- Rojas Trejos, C. A., Orejuela Cabrera, J. P., Arredondo Ortega, G., & Ocampo Jaramillo, K. V. (2017). Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 169–193. <https://doi.org/10.22395/riium.v16n30a9>
- Abbas, M. (2016). Scheduling job shop - A case study. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/146/1/012052/pdf>
- Pisinger, D. ;, & Røpke, S. (2010). *Large Neighborhood Search. Citation*. Springer. Retrieved from <http://orbit.dtu.dk/files/5293785/Pisinger.pdf>

Schettini, G. (2015). 1. Contenedores 2.- Envases y Embalajes 3.- Unitarización.  
Retrieved from  
[http://www.prompex.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=7  
EE011D1-D872-4C6A-9E06-209019195302.PDF](http://www.prompex.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=7EE011D1-D872-4C6A-9E06-209019195302.PDF)

Dalance, T. P. J. (2013). Manual de contenedores, *Primera ed.*  
<http://www.comunidadandina.org/DS/Manual%20Contenedores.pdf>

Serrano (2015) Diseño de una Cizalla Industrial para el corte de láminas  
[https://pdfs.semanticscholar.org/5195/ba6beb973965b83024b6b61c34ac6ec3d001  
.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/5195/ba6beb973965b83024b6b61c34ac6ec3d001.pdf)