

**REDISEÑO DE UBICACIONES DE ALMACENES DE INSUMOS DE
MANUFACTURA DE VIDRIOS**

**ANDREA ALVAREZ-CORREA CAMARGO
ELUITSAMA SOFÍA CORREA JIMÉNEZ
MARCELA SOFÍA BARRIGA BETÍN**

PROYECTO FINAL

**ING. RENÉ AMAYA MIER, PhD.
Director**

**UNIVERSIDAD DEL NORTE
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA
2023**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN -----	5
1. CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO -----	7
1.1 ANTECEDENTES -----	7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	9
1.2.1 Diagrama Causa-Efecto -----	11
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA -----	13
1.4 OBJETIVOS -----	18
1.4.1 Objetivos Generales -----	18
1.4.2 Objetivos Específicos-----	19
1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA -----	19
1.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES -----	23
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES -----	23
2. CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA -----	25
2.1 ESTADO DEL ARTE -----	25
3. CAPITULO III. DESARROLLO CONCEPTUAL DEL DISEÑO PROPUESTO --	36
3.1 DISEÑO CONCEPTUAL -----	36
3.1.1 Análisis de los SKU's -----	39
3.1.2 Modelo de Asignación -----	40
3.1.3 Almacenamiento -----	51
3.2 MODELACIÓN DE LOS PROCESOS -----	69
3.2.1 Modelación AS-IS -----	69
3.2.2 Modelación TO-BE-----	80
4. CAPÍTULO IV. ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS Y ANÁLISIS -----	85
5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL DISEÑO PROPUESTO -----	90
5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA -----	90
5.2 EVALUACIÓN FINANCIERA -----	94
CONCLUSIONES DEL PROYECTO -----	102
REFERENCIAS -----	107
ANEXOS -----	111
- ANEXO 1 -----	111
- ANEXO 2 -----	114
- ANEXO 3 -----	116
- ANEXO 4 -----	117

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama causa-efecto</i> -----	12
<i>Figura 2. Cronograma de actividades</i> -----	23
<i>Figura 3. Sistema de almacenamiento KPL</i> -----	34
<i>Figura 4. Referencias categoría B</i> -----	66
<i>Figura 5. Referencias procesadas por todas las máquinas</i> -----	66
<i>Figura 6. Referencias menos procesadas por las máquinas</i> -----	68
<i>Figura 7. Planos empresa</i> -----	70
<i>Figura 8. Planos con asignación actual de la empresa</i> -----	72
<i>Figura 9. Modelo de simulación de procesos en planta AS-IS</i> -----	73
<i>Figura 10. Planos con los puente grúa</i> -----	75
<i>Figura 11. Segmentación de puente grúas</i> -----	79
<i>Figura 12. Planos con asignación bodega-máquina (modelo optimizado)</i> -----	80
<i>Figura 13. Modelo de simulación de procesos con mejoras a implementar TO-BE</i> -----	82

ÍNDICE DE TABLA

<i>Tabla 1. Distancias bodega-máquina</i>	42
<i>Tabla 2. Asignación 1 a 1</i>	44
<i>Tabla 3. Asignación método Vogel</i>	47
<i>Tabla 4. Capacidades bodegas</i>	49
<i>Tabla 5. Asignación bodega-máquina unidades</i>	50
<i>Tabla 6. Método ABC Lisec 8</i>	53
<i>Tabla 7. Método ABC Lisec 9</i>	54
<i>Tabla 8. Método ABC Lisec 7</i>	55
<i>Tabla 9. Método ABC Lisec 6</i>	56
<i>Tabla 10. Método ABC Lisec 5</i>	57
<i>Tabla 11. Método ABC Lisec 4</i>	58
<i>Tabla 12. Método ABC Lisec 3</i>	59
<i>Tabla 13. Método ABC Lisec 10</i>	60
<i>Tabla 14. Asignación unidades Lisec 8</i>	61
<i>Tabla 15. Asignación unidades Lisec 9</i>	62
<i>Tabla 16. Asignación unidades Lisec 7</i>	62
<i>Tabla 17. Asignación unidades Lisec 6</i>	63
<i>Tabla 18. Asignación unidades Lisec 5</i>	63
<i>Tabla 19. Asignación unidades Lisec 4</i>	64
<i>Tabla 20. Asignación unidades Lisec 3</i>	64
<i>Tabla 21. Asignación unidades Lisec 10</i>	65
<i>Tabla 22. Referencias designadas a bodega D2</i>	67
<i>Tabla 23. División puente grúas en secciones</i>	78
<i>Tabla 24. Análisis comparativo de resultados.</i>	87
<i>Tabla 25. Orden materia prima procesar</i>	92
<i>Tabla 26. Comparación costos por viaje</i>	100

INTRODUCCIÓN

El contexto de este proyecto ocurre en la industria vidriera, específicamente en el marco de la transformación de vidrios y se desarrolla considerando los pasados cinco meses del año. Según el Departamento de Planeación Nacional, la industria del vidrio en Colombia ha crecido significativamente y se concentra en diversos sectores, siendo el más destacado el de la construcción (Quintero, 2017). Es por esto que el proyecto se enfoca en una de las principales empresas del sector de transformación de vidrios, los cuales son utilizados comúnmente en edificaciones y construcciones tanto a nivel nacional como internacional.

Este proyecto desarrolla uno de los elementos clave para el correcto funcionamiento y desempeño de una empresa, que es la organización interna de la misma. Dentro de este tema se encuentra la distribución de la planta lo cual incluye la ubicación de los almacenes y máquinas procesadoras, el orden interno y las ocupaciones de la materia prima en las bodegas y todo lo relacionado con el manejo y transporte de materiales. Cabe mencionar que para las empresas esto se considera un gran reto, puesto que es un tema indispensable para que la compañía tenga un buen desempeño y es por esto que se debe realizar de manera eficiente desde los inicios de las operaciones. Teniendo esto en cuenta, existen empresas cuyas altas tasas de crecimiento, impiden la realización de una adecuada estructura de orden interno, lo cual va a perjudicar más adelante su funcionamiento. Por consiguiente, una organización deficiente genera que una empresa tenga retrasos en su proceso productivo, de manera que se aumentan los tiempos de entrega.

Es por esto, que el objetivo principal de este proyecto es el diseño de dos modelos de asignación. El primero busca realizar una adecuada distribución de las materias primas en los almacenes, teniendo en cuenta las distancias existentes entre estos y las máquinas procesadoras, siguiendo un criterio de minimización de distancias recorridas. Mientras que el segundo, permite

realizar la estrategia de distribución de stock dentro de los almacenes para aprovechar de manera más eficiente el espacio que se tiene disponible.

Una vez se apliquen ambos modelos a la organización actual de la empresa, se va a contribuir directamente a mejorar los tiempos de procesamiento, disminuyendo las distancias recorridas y estableciendo un plan adecuado para el manejo de los materiales internamente.

1. CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

La empresa analizada está dedicada a la transformación de vidrio arquitectónico desde 1994. Empezó como una planta de transformación artesanal, ofreciendo al mercado productos como vidrio templado, laminado, insulado, serigrafiado, vidrio de alto impacto y vidrio curvo. Dicha empresa se convirtió en la empresa matriz de un grupo de 4 empresas aliadas en el sector de los vidrios.

Cada una de estas empresas se dedican a funciones específicas, pero complementarias. La empresa principal la cual fabrica vidrios con diferentes acabados, los cuales son luego utilizados para la realización de puertas y ventanas; así mismo, en ocasiones la organización utiliza como materia prima los vidrios fabricados en la empresa vecina, los cuales están principalmente destinados a la fabricación de paneles solares.

Actualmente, los ingresos de la empresa sobrepasan los 134,5 millones de dólares, el primer trimestre del 2022 tuvo un aumento del 20,6% con respecto al año pasado. El 15 de junio del 2022 la organización se enlistó en las acciones de la bolsa de valores de Nueva York. El crecimiento exponencial de esta empresa durante los últimos 25 años ha significado un gran reto, al tener que expandirse progresiva pero rápidamente para cumplir con su creciente demanda y realizar ampliaciones que no se encontraban inicialmente planificadas, lo que nos ha llevado a la situación actual.

A causa del contexto anteriormente mencionado, la empresa se vio en la obligación de realizar adaptaciones correctivas, lo cual se vio reflejado directamente en los almacenes, que se enfrentaron a dos grandes obstáculos: A la empresa le urgía más espacio para poner nuevas máquinas y así poder cumplir con su demanda, lo cual amenazó el espacio disponible para el

almacén; Como resultado de este primer obstáculo, se empezaron a habilitar pequeños espacios de almacenamiento por toda la planta para compensar los que habían sido ocupados por nuevas máquinas, lo cual los lleva a nuestro segundo obstáculo: El tamaño reducido y la fragmentación de los almacenes.

Estas dos situaciones llevaron a lo que hoy reconocemos como el problema actual de inventario de la empresa: La necesidad de hacer múltiples traslados entre almacenes, los cuales demoran 4 horas aproximadamente y retrasan la producción.

Para nuestro caso de estudio nos enfocaremos principalmente en tres espacios de almacenamiento: El almacén de la empresa, el cual se encuentra fragmentado por toda la planta; El almacén de la empresa vecina, el cual cuenta con mayor capacidad y organización, pero está destinado principalmente a suplir la producción de otra de las empresas; Y, por último, el almacén de la tercera empresa, el cual pertenece a una nueva planta automática que se encuentra en construcción, por lo cual su espacio físico está siendo utilizado temporalmente para almacenar materia prima de las demás.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una vez conocido el contexto de la organización, es decir, del objeto en estudio, se lograron identificar tres problemas centrales que se definen como “Demora en los tiempos de traslado de materia prima entre plantas”, “Dificultades entre el traslado de materia prima dentro de la planta de la empresa” y “Falta de alineación de la distribución de materia prima en los almacenes con respecto a la ubicación de las máquinas en la planta de la empresa” los cuales están basados en una serie de causas o evidencias claves que se explicarán más detalladamente para conocer el origen de estos a profundidad. Para ello se trabajó con un diagrama de causa-efecto el cual presenta una causa raíz que se denominó como el “Crecimiento acelerado de la empresa”, de la cual se derivan y desprenden otras causas importantes. En primer lugar, debido al crecimiento de la empresa, aumenta la demanda de vidrio y por ende la necesidad de aumentar la capacidad de producción. Con esto aumenta la cantidad de recursos que se necesitan para poder cumplir con la demanda, sin embargo, estos deben organizarse en el espacio limitado de la planta y es aquí donde surgen las complicaciones, debido a que se deben fragmentar los almacenes para poder guardar los recursos. De manera similar, al reducir el espacio de los almacenes, es importante mencionar que la asignación de espacios dentro de estos es aleatoria lo cual genera entonces la lejanía de las máquinas con respecto a la materia prima. De estas dos ideas se deriva el problema principal planteado como la falta de alineación de la distribución de la materia prima dentro de los almacenes con respecto a las máquinas. Como consecuencias de este problema central, no se aprovecha el espacio de los almacenes de manera eficiente y además la materia prima no está organizada según los requerimientos de las máquinas por ende se asocia a un efecto central que es el retraso del proceso productivo.

Por otro lado, el crecimiento acelerado de la empresa también genera la falta de planeación para el diseño de la planta y esto conlleva a un mal diseño de esta, generando por

ejemplo un pobre diseño de pasillos. Muy ligado a esto y a la construcción de la planta desde sus inicios, no se cuenta con un terreno plano, sino más bien inclinado lo que se va a traducir en desniveles dentro de la misma y por ende complicaciones para un traslado continuo de la materia prima, influyendo directamente a la organización y utilización de los puentes grúa como herramientas de manejo de material. Estos dos elementos se ven ilustrados de manera general en el problema que se plantea como las dificultades del traslado de la materia prima entre los almacenes de la planta de la compañía. Estas dificultades, generan demoras en los tiempos de traslado y por ende también en las llegadas de materiales a las máquinas procesadoras lo cual se traduce en retrasos los procesamientos del vidrio.

Finalmente, por las altas tasas de crecimiento de la organización, se crearon dos nuevas empresas y plantas de forma aledaña a la original. Debido a la imposibilidad de construir las plantas cercanas de la principal, existen entonces altas distancias entre ellas lo que conlleva a los altos tiempos de traslado de la materia prima entre plantas. De manera similar, por estas mismas razones del crecimiento de la empresa, se asignan mayores tareas o responsabilidades a los operarios los cuales entonces tienen menos tiempo disponible para realizar tareas diferentes a las asignadas y entre esas funciones está la de traslado de materia prima. Teniendo en cuenta esto, aumentan los tiempos de procesamiento del vidrio.

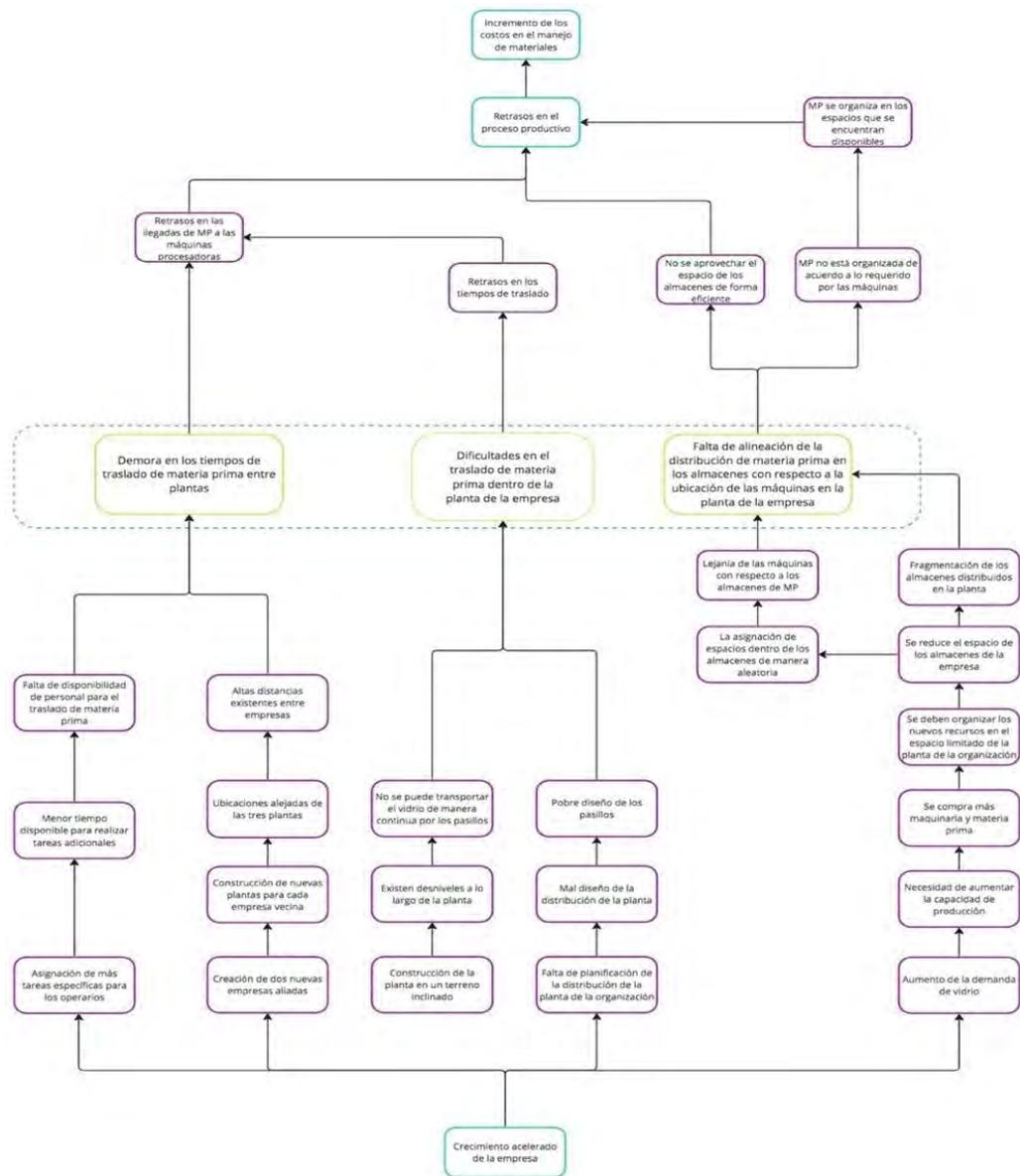
De forma general y conociendo las causas mencionadas anteriormente, es que se definió el planteamiento de los problemas. A partir de estos se desarrollaron las causas que los generaron y se llegó a unas consecuencias claves que son el retraso del proceso productivo y por ende el incremento de los costos del manejo de materiales. Con esto presentado, se tiene pensado atacar o intentar en primera instancia solucionar estos problemas que están afectando de manera significativa el desempeño de la compañía. Sin embargo, cabe destacar que, si bien los métodos

de solución propuestos en esta etapa pueden afectar o impactar en las causas mencionadas, no van a tener el mismo efecto sobre cada una de ellas.

1.2.1 Diagrama Causa-Efecto

La causa principal de los problemas presentados anteriormente es el alto crecimiento de la empresa. Y la consecuencia principal de los problemas es el retraso en los procesos productivos y el aumento de los costos de manejo de materiales. Por ende, a continuación, se ilustrará mediante un diagrama de causa-efecto las causas y consecuencias que se desprenden.

Figura 1. Diagrama causa-efecto



Nota: La figura muestra como problemas centrales las demoras en los tiempos de traslado de materia prima entre plantas, las dificultades del traslado de materia prima en la misma planta y la falta de alineación de la distribución de materia prima con respecto a la ubicación de las máquinas procesadoras. Fuente: elaboración propia (2023)

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de esta sección, el proyecto se va a enfocar en explicar por qué los problemas definidos anteriormente son relevantes para la investigación, haciendo especial énfasis en consecuencias de eficiencia, tiempo y productividad dentro de la empresa. Para ello se cuenta primeramente con una entrevista realizada al coordinador de inventario de la compañía, junto con otras investigaciones relacionadas que dan cuenta de cómo el problema para el traslado de las láminas por las plantas y almacenes, traen las consecuencias mencionadas.

La presente investigación se enfocará en el análisis del almacenamiento de una empresa comercializadora de láminas de vidrio, haciendo especial énfasis en la ubicación de la materia prima y el traslado de la misma hacia las máquinas procesadoras. Teniendo en cuenta esto, la organización actualmente está presentando tres problemas claves basados en el crecimiento de la empresa y que fueron mencionados anteriormente. Estos, tienen consecuencias como los retrasos en los tiempos de traslado y por ende retraso en las llegadas de la materia prima a las máquinas procesadoras, ocasionando complicaciones en la producción de la empresa. Añadido a esto, con el aumento de los niveles de producción de la planta, aumenta la maquinaria necesaria para el procesamiento de las láminas y por ende se genera la reducción del espacio de almacenamiento, esto conlleva a no aprovechar de manera eficiente el espacio de los almacenes y se deben ubicar las láminas de vidrio en los espacios que se encuentran disponibles, sin embargo, no se sigue un orden asignado, lo cual genera también atrasos en los tiempos de procesamiento de la materia prima. Dadas las dificultades presentadas, el trabajo investigativo busca en primer lugar minimizar las distancias que existen entre la materia prima ubicada en los almacenes actualmente y las respectivas máquinas que las procesan. Para poder justificar que esto es un problema que afecta directamente los tiempos de traslado y por ende la producción de la empresa, se cuenta con la información suministrada por la organización de los planos de la planta, de manera que, al

contar con los datos de distancia y la asignación actual de qué bodegas tienen la función de suplir, se puede observar que se están realizando viajes innecesarios y se están recorriendo altas distancias. Para ello entonces es que se propone como solución una nueva asignación siguiendo un criterio de minimización de distancias recorridas, teniendo en cuenta también la capacidad de las bodegas y la demanda de las máquinas.

Con relación al tema del alto crecimiento de la compañía y de la lejanía de la materia prima con las máquinas, comenta el coordinador de inventario de la empresa, que “La empresa comenzó asignando la ubicación de los almacenes de manera estratégica, intentando que esta fuera cercana a las máquinas que iban a procesar las láminas de vidrio. Sin embargo, se ha venido observando que esta aleatoriedad puede generar dificultades debido a que no siempre se cuenta con el espacio disponible necesario y por ende se termina ubicando de manera desorganizada los almacenes, al igual que la materia prima dentro de los mismos” (Coordinador de inventario, comunicación personal, 8 de marzo 2023). Además, el Ingeniero Coordinador de inventario comenta que, “Para movilizar la materia prima de los diferentes almacenes dentro de la compañía, hoy en día en la planta se deben emplear varios puentes grúa, en algunos casos hasta 3, para llegar a la máquina donde se procesará el vidrio. Este proceso de transportar la materia prima tarda en promedio entre una hora y una hora y media, lo cual también incluye el tiempo que se tarda el operario buscando el material a emplear. Los puentes grúas van aproximadamente a una velocidad de 500 m/hora, velocidad que también han adoptado los operarios para la producción diaria, lo cual se considera como un proceso lento. Esto principalmente se debe a que deben esperar a que el puente grúa esté disponible para poder transportar las láminas y además deben tener especial cuidado a la hora de atravesar los pasillos de la planta, puesto que deben estar despejados para poder operar, lo cual es complicado debido a que son estrechos y tienen un gran número de obstáculos que no permiten la facilidad del transporte” (Coordinador de inventario,

comunicación personal, 8 de marzo 2023). Como consecuencia a esto, se va a ver afectado el tiempo de procesamiento de la materia prima, disminuyendo así la productividad tanto de las máquinas como de los trabajadores. Es importante tener en cuenta la configuración de las instalaciones, es decir, de los almacenes y del sitio de producción, lo cual incluye altura del techo, longitud, amplitud, diseño de los andenes y de las plataformas de carga. (Ballou, 2004). Con respecto al tema del diseño de la longitud y amplitud de los pasillos debe realizarse de la manera óptima posible, lo cual contribuye a la correcta circulación dentro de la planta y evita retrasos. Para ello, Ballou [3] comenta que, al balancear los costos de manejo de materiales junto con los costos de perímetro del almacén, es que se obtiene la amplitud y la longitud óptima de los pasillos. Con respecto al caso de la empresa estudiada y dadas las complicaciones que surgen para el transporte de materia prima por los pasillos de la planta, se podría decir en un principio que, en la construcción y diseño de estos, debieron haber tenido en cuenta estos elementos, sin embargo, debido al alto crecimiento de la empresa, los pasillos se ven amontonados y esto dificulta el paso, generando así los retrasos mencionados. Añadido a esto, como se mencionó anteriormente, la planta se encuentra construida en un terreno desnivelado, lo cual entonces perjudica el traslado de materiales y dificulta el movimiento de los puentes grúa para esos movimientos. Actualmente se cuentan en la empresa con cinco puentes grúas, encargados de los movimientos internos de las láminas de vidrio y debido a los desniveles que se presentan en la planta, se tiene designado que tres de ellos se encargan del nivel bajo mientras que los otros dos del nivel más alto. Sin embargo, esa asignación del manejo de las láminas no se encuentra definido con claridad, es decir, se utilizan aquellos que se encuentren disponibles y no se considera una minimización de las distancias recorridas. Es por ello que se plantea una delimitación de los espacios que deben recorrer estos puente grúa para mejorar la situación actual del movimiento de los materiales dentro de la planta.

Por otro lado, la altura del techo depende de tres elementos importantes que son: los costos de construcción, los costos de manejo de materiales y las características de apilado de carga del producto. En el caso de la organización que se está analizando, tiene mucha relevancia el tema del apilado de las cargas, debido a dos factores: en primer lugar, al tratarse de láminas de vidrio, que es un material delicado, no existe en la planta la posibilidad de poner una sobre la otra por razones de seguridad del material y por otro lado, tampoco sería posible realizar el apilado porque eso implica una mayor altura de la planta lo que entonces no permitiría el paso de las máquinas encargadas de movilizar las láminas a través de los rieles del techo. Añadido a esto, el coordinador de inventario comentaba algo que ya se ha mencionado anteriormente, y es el hecho de que “No se tiene un plan específico y ordenado para organizar la materia prima dentro de los almacenes, sino que a medida que esta llega se ubica donde se encuentren espacios disponibles, lo que afecta la óptima organización de los almacenes” (Coordinador de inventario, comunicación personal, 8 de marzo 2023). Como parte del equipo de inventario dentro de la compañía, el coordinador nos dio testimonio de que existe un problema en cuanto a las ubicaciones dentro de los almacenes y eso conlleva luego a retrasos en los tiempos de procesamiento, lo cual afecta a la producción de la planta. Cabe destacar entonces, la importancia de un correcto y eficiente almacenamiento, concepto que vale la pena explicar con mayor profundidad, así como se mostrará a continuación. Como definición, el almacenamiento consiste en guardar y mantener en inventario materiales como materia prima o producto terminado, que hacen parte de la compañía durante un tiempo establecido, para luego usarlo en el proceso productivo o distribuirlos a los clientes finales (Torres, 2018) Este concepto de almacenamiento es considerado un factor importante dentro de la cadena de suministro porque es una de las dos instalaciones que se deben tener en una organización, junto con los sitios de producción. Añadido a esto, las decisiones que se toman con respecto a las funciones, capacidad, flexibilidad y ubicación de las instalaciones, tienen consecuencias en el desempeño de la cadena de suministro

de una organización. Por ende, se puede mencionar entonces que las fallas o decadencias que se presentan en torno al tema de almacenamiento tienen repercusiones negativas al sistema productivo, afectando directamente su desempeño financiero y su capacidad de respuesta, lo cual incluye la atención a los clientes (Chopra, 2013).

Es importante mencionar que existen ciertas métricas que hacen referencia a las instalaciones de una organización dentro de las que se encuentra por ejemplo la capacidad y la utilización de estas, así como las pérdidas por calidad o el tamaño de lote de producción promedio. Todos estos elementos afectan en gran medida a los costos de la empresa y es deber de los gerentes mantener estas bajo observación y cuidado. (Chopra, 2013). Con base en esto entonces se puede decir, que el problema presente en la organización relacionado con las dificultades del transporte de materiales dentro de la empresa tiene consecuencias económicas directas y productivas para la misma.

Por otro lado, el transporte en una cadena de suministro es un factor clave que impacta directamente a su funcionamiento, puesto que se relaciona con la capacidad de respuesta y por consecuencia con la eficiencia de esta (Chopra, 2013). En este contexto específico nos estamos enfocando en el transporte interno que se realiza para movilizar la materia prima de una planta a otra. El coordinador de inventario, nos informó en su entrevista que “La mayoría de la materia prima es traída desde la empresa vecina hasta la empresa que están analizando, donde se procesan las láminas que luego son llevadas por medio de transporte terrestre de una planta a otra. Esto presenta una situación problemática debido a que este transporte no tiene operarios dedicados exclusivamente para esas funciones y por ende se debe esperar que alguno esté disponible para realizar el traslado”. Esto afecta por ejemplo a los operarios, debido a que se pueden sentir sobre cargados de tareas, impactando en su rendimiento y agilidad para la realización de las tareas de transporte de planta a planta. Esto por ende consigue que se vea afectada también la continuidad

de la producción en sus tiempos regulares y que se deban realizar ajustes en cuanto a los medios de transporte entre plantas. Otro punto importante de esta investigación es el de poder optimizar los recursos con los que cuenta la empresa, como los operarios y las máquinas, para así aprovechar al máximo la capacidad de estos, haciendo hincapié en la maquinaria disponible, en la producción de los pedidos en el menor tiempo posible, en el crecimiento de las ventas y en el aumento de ganancias de la compañía. Por ende, la pérdida de tiempo en los traslados podría influir en los costos operativos de la empresa.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos Generales

- Desarrollar un modelo de asignación con el fin de que la materia prima ubicada dentro de los almacenes se encuentre lo más cercano posible a las máquinas que la procesan.
- Diseñar la estrategia de distribución de stock dentro de los almacenes de una de las plantas de la organización luego de haber realizado el modelo de asignación con el fin de mejorar la utilización del espacio disponible en planta.
- Establecer las restricciones de movimiento de la maquinaria encargada del transporte de materia prima dentro de la planta para reducir los tiempos de traslado.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las materias primas críticas, priorizando aquellas de mayor participación en la operación y costos de inventario.
- Caracterizar el esquema actual de almacenamiento para identificar oportunidades de mejora y reducción de tiempos de traslado entre plantas de la empresa.
- Diseñar la distribución del almacenamiento de la materia prima con base en los resultados de la clasificación ABC e indicadores de desempeño.
- Comparar los resultados de la propuesta de distribución del stock con el funcionamiento actual del almacenamiento.

1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el tema de las ubicaciones de existencias dentro del almacén es esencial para el eficiente funcionamiento de la planta y para la productividad de la empresa. Una correcta ubicación de las existencias minimiza el gasto de manejo de materiales y permite aprovechar la utilización del espacio de los almacenes. Para ello, la disposición de las existencias se basa en cuatro conceptos importantes que son: complementariedad (productos que con frecuencia se solicitan juntos), popularidad (mayor frecuencia de pedido), compatibilidad (si es práctico ubicar juntos dos productos diferentes) y tamaño (los artículos de menor tamaño a la entrada de los almacenes). De estos cuatro conceptos, se derivan diversas estrategias de disposición de inventario que son las siguientes: ubicación alfanumérica, donde los artículos se ubican siguiendo esa regla, ubicación rápida, donde se ubican por secuencia alfanumérica y lo más cercano posible al trabajador que debe usar la materia prima, ubicación por frecuencia, que ubica los productos de mayor rotación más cerca de la

entrada del almacén y ubicación por selección de factor de densidad que depende de la proporción de selección por año y el volumen del almacén en metros cúbicos (Ballou,2003).

Comenzando con el primer objetivo del diseño de un modelo de asignación, se va a realizar un algoritmo de variables enteras cuya función objetivo es la minimización de las distancias recorridas dentro de la planta. Se va a contar con una variable denominada C_{ij} que se define como el costo por unidad y se puede traducir en distancia recorrida. Además, el coeficiente i corresponde al almacén en donde debería ubicarse la materia prima correspondiente y j corresponde a la máquina. Para ello, el autor Ballou en el capítulo 7 que habla del “Diseño de ruta para los vehículos”, trata de un tipo de ruta donde se tienen varios puntos de origen y de destino. Es por esto que se define entonces los puntos de origen como los almacenes de las láminas de vidrio y los puntos de destino como las máquinas procesadoras de la materia prima. Añadido a esto se pueden encontrar otras fuentes literarias que apoyen este término y en las cuales se puede apoyar para la creación del modelo de asignación. Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta la información suministrada por la empresa acerca de las materias primas que procesa cada máquina para poder realizar de manera correcta la asignación de los almacenes.

Con respecto al objetivo, de la distribución del stock dentro de los almacenes, como se mencionó anteriormente se utilizará el método ABC el cual es una clasificación de inventarios utilizada comúnmente por las empresas hoy en día. La herramienta sirve para clasificar los productos según su importancia, lo cual contribuye a priorizar aquellos que son de mayor valor o utilización para la compañía. Tal como su nombre lo indica, los artículos se organizan en tres clases diferentes, siendo la clase A la que contiene los productos más importantes, la clase B producto de importancia moderada y la clase C contiene los menos importantes. Debido a esta forma de clasificar los productos, se puede mencionar la semejanza que tiene esta técnica con el Diagrama de Pareto o la ley del 80-20 que indica que el 80% de las ventas de una empresa está

determinada tan solo por el 20% de sus artículos más importantes. Además, añadido a esto, Pareto clasifica también los artículos en esas mismas categorías. Flamarique, S. (2018). afirma “En toda organización dedicada a la producción de productos es necesario llevar a cabo una segmentación de estos con el objetivo de controlar, gestionar y facilitar sus movimientos, entradas, almacenaje y salidas de forma rigurosa, ágil, rápida y beneficiosa para la empresa. Por esa razón, a nivel organizativo, la ley de Pareto ha derivado a una segmentación mayor y más eficiente, la clasificación y análisis ABC.”

Sin embargo, cabe mencionar que para poder aplicar de manera eficiente esta metodología, se debe en primer lugar establecer los criterios para la clasificación, es decir, si se separan según la demanda interna de cada tipo de producto y de las ventas a clientes externos, que son los más comunes. En este caso se elegirá entonces como categoría A aquellas materias primas que, gracias a la información suministrada, conocemos que son las que se utilizan con mayor frecuencia en los procesos productivos y por ende los que generan mayores niveles de ventas. Para la empresa seleccionada, estos artículos son: Incoloro de 6mm, Solarban y TG Low-E, entre otros. A partir de esto entonces y de las otras categorías B y C, con las materias primas de menor importancia, se construirá entonces el Diagrama de Pareto, organizando entonces los productos de mayor prioridad y participación, por ende, en los costos de inventario.

Por otro lado, para cumplir con el objetivo de caracterizar el esquema actual de almacenamiento de las plantas, se va a hacer uso de datos, herramientas y planos que la propia empresa va a suministrar. De esta forma se van a tener claras las distancias entre plantas y almacenes, las ubicaciones de la materia prima, conocer la demanda interna de la empresa (donde los clientes son las plantas), las formas de distribución de las plantas, entre otros elementos, que nos van a permitir luego calcular algunas métricas importantes como la distancia recorrida por los operarios, el tiempo que tardan, la velocidad de movimiento y también los costos de traslado.

Con respecto al objetivo de diseñar la distribución interna para el almacenamiento de la materia prima, vamos a tomar como base la clasificación ABC de los artículos que depende de los que tienen mayor prioridad y participación. Ya contando con estas categorías de producto, se va a realizar la organización del esquema de rotación del material más conveniente. Esta tarea se va a fundamentar de acuerdo con los planos de la planta para poder encontrar la mejor manera de acomodarla debido a que existen varios tipos de distribución que se pueden implementar, que se basan en cuatro conceptos que son mantenimiento o pertenencia, consolidación, carga fraccionada y mezcla. De acuerdo con cómo se desarrolla o diseña la distribución, se busca cumplir con uno o varios de estos elementos (Ballou,2004).

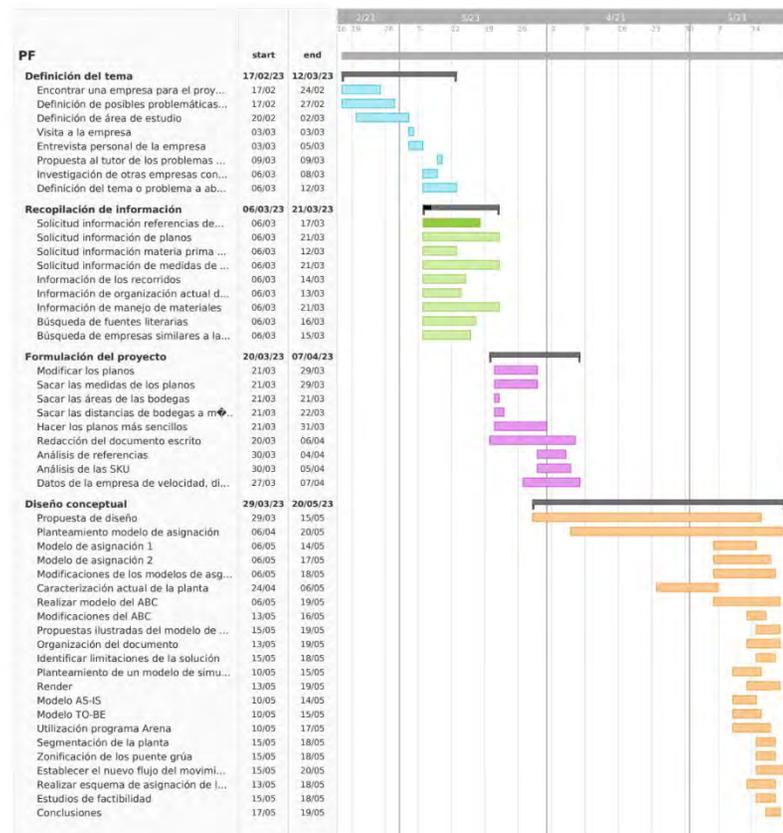
Se sabe la importancia de establecer como objetivo la función de comparar los resultados de la propuesta de distribución con el funcionamiento que tiene actualmente la planta, es por esto por lo que teniendo en cuenta los planos de la planta y el diseño que se tiene hoy en día, se van a calcular factores de tiempo de traslado, distancia recorrida y velocidad, elementos que van a servir para luego comparar las dos distribuciones y mencionar si es viable la propuesta diseñada. Este cálculo se puede realizar con ayuda de programas de simulación como Arena, para tener unos resultados más precisos y exactos. Por otro lado, el programa además se va a utilizar para esquematizar el funcionamiento actual de los puentes grúa y sus movimientos para el traslado de las láminas de vidrio para luego realizar una comparación con el diseño propuesto por el grupo y así comprobar que se logra una mejoría en este proceso.

Añadido a esto, como en un principio se conversó directamente con un operario importante del área de control de inventarios, sería de mucha ayuda mostrarle la propuesta de diseño junto con los resultados obtenidos en el programa de Arena para que con detenimiento estudie lo propuesto y considere si es factible lo que se está presentando. Es una forma de obtener retroalimentación de fuentes primarias, debido a que, como el coordinador de inventario

entrevistado, hay muchos operarios y personal de la organización que se verían beneficiados con las propuestas que planteamos como grupo.

1.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 2. Cronograma de actividades



Nota: La imagen muestra el calendario o cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

Mediante este proyecto se busca únicamente proponer la propuesta de diseño de la organización de materia prima de las bodegas de la empresa y su orden interno una vez se encuentra en un almacén designado por el grupo. Una vez se tiene esto presente, se procede a realizar una comparación por medio de un programa de simulación para observar la situación actual de la empresa contra lo que se está proponiendo. Añadido a esto se realiza la segmentación

de la planta en zonas para que los recursos encargados sepan por donde transitar. Todo esto se realiza con el fin de mejorar la distribución de los materiales en el almacén, lo cual debería beneficiar el proceso productivo de la planta. Cabe destacar que no se va a llevar a cabo la implementación de la propuesta planteada, principalmente por dos razones fundamentales: en primer lugar, por restricciones de tiempo debido a lo establecido para el período académico y también porque al tratarse de un diseño de distribución y asignación esto implica que la empresa deba modificar muchos elementos de su organización actual, lo cual recurre en costos, tiempo y retraso de los procesos productivos dentro de la planta.

2. CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ESTADO DEL ARTE

Para abarcar esta sección del estado del arte, se va a dividir en dos partes para mejorar la comprensión del lector. En primer lugar, se va a hablar de un contexto en general acerca de temas de almacenamiento y logística, para comprender mejor de lo que se trata el proyecto, y esto se hace tomando diversas fuentes bibliográficas. Por otra parte, se va a centrar específicamente en empresas que manejen los temas de almacenamiento de vidrio y que tengan desarrolladas tecnologías eficientes, lo cual nos puede contribuir en nuestra investigación. Para poder hablar acerca de la logística detrás del almacenamiento y del traslado de materia prima dentro de los almacenes debemos entender todo lo que hay detrás de las ubicaciones y él porque se mantiene inventario en los almacenes, para eso se va a tomar como base la estrategia de inventario que está escrita en el libro Logística Administración de la Cadena de Suministro por Ronald Ballou para conocer los estudios realizados del tema general de logística del almacenamiento que es pertinente para este trabajo investigativo.

Primeramente, se define lo que es inventario según Ballou “Los inventarios son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa.” (Ballou, 2004, p.326). Además dentro de las razones mencionadas dentro del libro los inventarios son buenos para reducir costos, ya que “mantener inventarios puede favorecer economías de producción, lo que permite periodos de producción más grandes, más largos y de mayor nivel” (Ballou, 2004, p.329),, así también se reduce costo debido a la alta variabilidad que hay en el transporte de las materias primas a la llegada de las empresas, de esa forma ayudar a que las operaciones diarias de planta no se vean interrumpidas por errores o entregas tardías por proveedores. Además, según Ballou el principal objetivo del manejo de

inventarios es tener disponible producto o materia prima en el momento de necesitarlo para producir. El manejo de inventarios se rige según dos filosofías, el método de demanda pull que es cuando el cliente “jala” la oferta, es decir, a partir de la orden de un cliente la compañía produce y la demanda push cuando la empresa produce y “empuja” su producto hacia los clientes, es decir, la compañía produce prediciendo la demanda y esperar que se venda.

Siguiendo en el estudio de inventarios, Ballou (2004) habla acerca del control agregado de inventarios dando a entender que en la mayoría de los casos se lleva un control del total de inventario y no de los artículos individuales. Para eso explica la clasificación ABC de productos, que es para facilitar el control al dividir los productos dentro del almacén en diferentes categorías ya sea dividir en las de mayor uso a menor uso, para segmentarlos y poder aplicar asertivamente políticas de inventarios y así poder lograr niveles más bajo de inventarios.

Dada la necesidad de inventarios y el mantenimiento de estos se deriva la necesidad de almacenamiento, lugar físico donde se recibe, se acumula y se gestiona provisionalmente insumos. Según, Ballou “El almacenamiento se convierte en una conveniencia económica, más que en una necesidad. Los costos del almacenamiento y de manejo de materiales se justifican, ya que pueden ser compensados con los costos de transportación y de producción-compras” (Ballou, 2004, p.470)

De acuerdo a Ballou “la distribución del espacio la ubicación de las existencias en el almacén afecta directamente a los gastos de manejo de materiales de todos los bienes que se mueven por el almacén” (Ballou, 2004,p.487), por ende, lo ideal es encontrar un equilibrio entre el manejo de materiales y la utilización del espacio disponible , ya que, “las actividades de almacenamiento y manejo de materiales son responsables de prácticamente una cuarta parte de los gastos de logística, sin incluir el costo de manejo de inventarios” (Ballou, 2004, 502).

Para el diseño interno del almacén del cual es el propósito de este trabajo Ballou propone las siguientes consideraciones a tener en cuenta: “El sistema de almacenamiento puede separarse

en dos funciones importantes: la posesión (almacenamiento) y el manejo (o manipulación) de materiales” (Ballou, 2004, p.472). Así también, hay actividades repetitivas dentro de estos que son las actividades de traslado-almacenamiento que lo debemos buscar es optimizarlas para generar impacto en los costos de tiempo.

Ahondando más en el tema de interés de este proyecto, Ballou habla acerca del manejo de materiales y sus actividades principales: carga y descarga, traslado hacia y desde el almacenamiento, y surtido del pedido. El manejo de materiales es importante, debido al impacto en costos ya sea en aumento y reducción de este, ya que, el manejo influye en gran medida la distribución del espacio de almacenamiento.

Además, Según Ballou la eficiencia del manejo de materiales se logra trabajando en cuatro aspectos: agrupamiento de la carga, distribución del espacio del almacén, elección del equipo de almacenamiento y elección del equipo de movimiento.

Dentro del agrupamiento de carga lo más pertinente que menciona Ballou es que el número de viajes depende directamente del tiempo de trabajo requerido para mover las mercancías, así también se relaciona con el tiempo utilizado por la maquinaria requerida. Teniendo esto en cuenta, una eficiente distribución en la planta puede contribuir a la disminución de los tiempos de recorrido y facilitar el flujo de material dentro de la misma. De acuerdo con la distribución de almacén es que hay varias posibilidades como el de zonificar el espacio según uso en pro de disminuir tiempo de recorrido. Siguiendo en la misma línea la elección de equipo de almacenamiento es una decisión importante ya que su principal función es la de facilitar el flujo de material dentro del almacén, uniendo las fuerzas de la mano de obra y de equipos o maquinas especializadas para el transporte de la materia prima.

El siguiente paso luego del flujo de materiales del cual habla Ballou es el de la disposición interna de los artículos dentro del almacén, es decir, “tomar la decisión de dónde

se ubicarán los artículos de inventario, cómo deberán ser acomodados y qué método deberá utilizarse para localizarlos dentro del almacén” (Ballou, 2004, p.528).

Para terminar la idea del manejo de materiales el autor Ballou recalca que “la disposición de la mercancía, la magnitud con la que se utiliza el equipo, y el grado de automatización afectan a los costos de manejo de materiales. Encontrar la mejor combinación de ellos es labor del diseño del manejo de materiales.” (Ballou, 2004, p.522). Para tener en cuenta en el trabajo Ballou enuncia dos preguntas que son pertinentes a la hora de analizar el almacén de una compañía.

Adentrándose más en los objetivos del proyecto el autor Sergi Flamarique en su libro “Métodos de almacenamiento y gestión de existencias”, habla acerca de la metodología de Pareto para facilitar el manejo de inventarios dentro de un almacenamiento, buscando la eficiencia de este por medio de la clasificación de inventarios por la metodología ABC la cual se profundiza más adelante.

Sin embargo, el autor enuncia que la ley de Pareto es aplicable a todos los entornos de una compañía, refiriéndose a las siguientes afirmaciones (Flamarique, 2018, p.11):

- “Aproximadamente el 20 % de los artículos en el almacén representa el 80 % del stock o existencias”
- “Aproximadamente el 20 % de los productos representa el 80 % de las entradas.”
- “Aproximadamente el 20 % de los artículos representa el 80 % de las salidas.”
- “Aproximadamente el 20 % de los productos representa el 80 % de los movimientos en el almacén.”

Con estas afirmaciones el autor está dando a entender que, si se segmenta la producción, en este caso la materia prima, se llega a entender más su grado de utilización, su prioridad dentro del sistema productivo y se lograría mejorar la eficiencia lo cual se reflejaría en un mejor manejo de materiales y por ende sería beneficioso para la empresa.

Teniendo en cuenta estudios más recientes, la investigación realizada por Silva, Roodbergen, Coelho y Darvish (2021) acerca la estimación del tamaño de zonas ABC en almacenes manuales. Con almacenes manuales se refieren a que “si el proceso de recogida de ordenes es realizado por un trabajador caminando dentro del almacén” (Silva, et al., 2021, p.1). Estos hablan de implementar simulación usando modelos de machine learning para predecir el tamaño óptimo de las zonas del método de segmentación de pedidos, optimización de manejo de materiales ABC y estimar el average route length (ARL).

Para este estudio ellos usan información generada a partir de 1000 muestras que fueron tomadas de las diferentes formas que un almacén puede ser organizado. Es decir, teniendo en cuenta un almacén de múltiples secciones o pasillos, además de la demanda de distribución, políticas de operaciones y el average route length (ARL). Dentro del factor de un almacén de múltiples secciones ellos tomaron como base el número de pasillos, la distancia entre ellos y la distancia de largo, ya que, esto influye en las distancias recorridas.

Para analizar toda la información y la relación entre los factores de almacenamiento, es importante tener en cuenta el tamaño de las zonas, la gran cantidad de datos y variables que se tiene que a la hora de procesarla. Ellos utilizan cuatro métodos de modelos de regresión: ordinary least squares (OLS), regression tree (RT), random forest (RF), and multilayer perceptron (MLP). El hecho de tener un acertado ajuste de datos y una buena predicción podría llevarnos afirmar que cierto tamaño o layout es el indicado para el espacio de almacenaje y necesidades de la compañía.

Continuando con la información clave para el desarrollo de la investigación se debe tener en cuenta las actividades macro que se engloban dentro del almacén, que enuncia Sucuzhañay Calle (2022) en su texto, las cuales son: Recepción, control e inspección que consiste en el proceso de recibir la mercancía, revisarla y asegurarse de que es lo ordenado y también el punto

de distribución de productos dentro de una empresa. El segundo es el almacenamiento que es donde se debe elegir a que parte, lugar, posición se almacena los productos. El tercero es la preparación de pedidos donde se arma y recoge los productos que conforman los pedidos y por último el embalaje y despacho que consiste en empacar adecuadamente los pedidos y carga de vehículo para transporte para ser despachado.

La tecnología en los últimos años se ha probado lo necesaria que es para todos los ámbitos de trabajo y de cómo está empleándose de la manera correcta y entrenándola es de mayor beneficio para las compañías, De igual forma, el empleo de las tecnologías informáticas para la gestión de almacenamiento es necesaria para las empresas que manejan gran variedad de inventario. Por ende, el empleo del WMS (Warehouse Management System) es vital para que las empresas sean competitivas, aprovechen el espacio de manera eficiente al igual de sus recursos y del tiempo. Los autores del paper sistema de gestión para el control de inventario en la empresa definen el WMS como,

Una aplicación que da soporte a las operaciones diarias de un almacén. Los programas WMS permiten la gestión centralizada de tareas, como el seguimiento de los niveles de inventario y la ubicación de existencias. Los sistemas WMS pueden ser aplicaciones independientes o pueden estar integrados en un sistema ERP (Enterprise Resource Planning). (Galindo et al,2017, p.80).

En el proyecto de grado de Sucuzhañay Calle (2022), que se titula “Propuesta metodológica para la implementación de un sistema de gestión de almacenes”, este busca proponer un método para implementar a la empresa en estudio un sistema SGA. Es decir, busca registrar metodológicamente los pasos e información pertinente para implementar un WMS por

medio de una empresa consultora que se encargue de la ejecución. El cual empieza con la recolección de información, segmentándola y analizándola, por ejemplo, divide el espacio disponible según su función actual, grafica las funciones del centro, clasifica la materia prima según su uso y a donde serán procesadas, según su composición. Luego, el autor muestra la distribución de la planta física, la ubicación de área de almacén y el flujo de pasillos. Seguidamente este sigue con toda la recolección de información, de la unidad de almacén, personal a cargo, maquinaria empleada y mapa de los macroprocesos.

También el autor hace énfasis en que la empresa a la cual se hizo el trabajo está implementando un sistema informático ERP (Enterprise Resource Planning) que “son softwares que permiten a las empresas integrar distintas operaciones dentro de un mismo programa; entre las características y ventajas de un ERP, puede unir en el mismo programa operaciones de producción, logística, inventario, contabilidad y también recursos humanos.” (Sucuzhañay, 2022, p. 65). Y que específicamente la compañía eligió el SAP (Systems, Applications, Products) (Systems, Applications, Products in Data) que es un software de ERP, este se compone por módulos especializados en logística, finanzas, recursos humanos, producción, proyectos, calidad, entre otros.

Finalmente, el autor a partir de la implementación del SAP, su propuesta la de iniciar el desarrollo e implementación del módulo WMS, de gestión de almacenes. Para la propuesta metodológica el autor inicia con el levantamiento de los SKU del almacén recolectando peso, embalaje, uso, entre otros. Luego, se agrupo en “familias” de materia prima, también en donde estaban almacenadas. Esto con el fin de realizar un estudio de rotación para la implementación del método por clasificación ABC, para definir la ubicación adecuada de los materiales almacenar. Además, el autor considera de suma importancia la creación de maestro de materiales para la implementación de un WMS.

Analizando a mayor profundidad el termino WMS los ingenieros Nossa y Ramirez en su trabajo titulado “propuesta de automatización y control de inventarios en la empresa Sign Supply S.A.S” explican primeramente la funcionalidad del WMS. Según NOSSA RIVERA and RAMIREZ ARIAS (2015) las funciones del WMS son: Gestión de movimientos de lo almacenado, llevar control de características importantes como numero lote o serie, permite llevar la trazabilidad de lo almacenado, planifica y ejecuta eficientemente los movimientos de los materiales, permite adaptabilidad, entre otros.

Además, los autores plantean la pregunta de ¿Quiénes necesitan un sistema WMS?, ellos mismos las responden diciendo de que las empresas que podrían implementar un módulo de WMS son las que contienen,

Bodegas complejas, que usan almacenamiento caótico, en que el sistema determina donde se almacenan los productos, cuando las condiciones son muy cambiantes y/o es necesario ser muy eficiente en el uso del espacio de la bodega, se requiere un WMS para asignar las ubicaciones de los ítems a almacenar y para poder recuperarlos posteriormente. (NOSSA RIVERA & RAMIREZ ARIAS, 2015, p.30).

Para la implementación de un WMS es de suma importancia según los autores Nossa Rivera and Ramírez Arias (2015) la elección del proveedor y sistema a implementar de WMS, es decir, del software a implementar en la compañía cumpla con lo siguiente:

“Compatibilidad con los sistemas de información existentes en la empresa” (NOSSA RIVERA & RAMIREZ ARIAS, 2015, p.30).

- Tener en cuenta la complejidad y magnitud de la información a integrar
- Tener en cuenta la relación calidad, garantías y precio.
- Tener en cuenta la relación con proveedor que suministra software, su soporte, si es estable y la adaptabilidad de este.

Como se mencionó anteriormente, la segunda parte del Estado del arte corresponde a empresas que han utilizado técnicas similares y que han trabajado con altas tecnologías para lograrlo. Actualmente, existen varias empresas dedicadas específicamente al almacenamiento eficiente de láminas de vidrio, las cuales ofrecen diferentes alternativas, tanto automatizadas como mecánicas para este fin, incluyendo el facilitar su transporte hasta las máquinas que las requiera. Las empresas líderes en este sector son HEGLA, Aries y Vitrotec. A continuación, se realizará un breve resumen de las tecnologías más avanzadas existentes en este campo.

En primer lugar, se encuentra HEGLA, una empresa alemana que desde 1976 se dedica a ofrecer soluciones personalizadas y a diseñar sistemas de alta calidad para el maquinado de vidrio plano. La anterior ofrece sistemas de almacenamiento automático (KPL), el cual cuenta con varios espacios de almacenamiento que se mueven por medio de un motor para dar espacio al sistema de carga automatizado, el cual es realizado por una grúa, y como complemento se utiliza un software que permite tener total control sobre el inventario en tiempo real; También ofrecen un sistema de almacenamiento a control remoto (KPL-F), el cual aseguran que permite aumentar hasta en un 50% la capacidad, almacenando hasta 300 toneladas en un espacio mínimo, además de presentar como ventaja la posibilidad de almacenar en dos niveles; Como opción más básica ofrecen un sistema de almacenamiento compacto manual (KPL-MZ), el cual representa la alternativa más económica y tiene como ventaja que su utilidad no depende de que haya flujo eléctrico porque su movimientos es completamente manual. El sistema KPL se muestra a continuación:

Figura 3. Sistema de almacenamiento KPL



Nota: La imagen muestra el sistema de almacenamiento KPL.

Aries se encuentra en segundo lugar, la compañía española trabaja desde 1983 brindando soluciones tecnológicas para la fabricación de vidrio de seguridad. En el presente se destaca por su línea de almacenes inteligentes automáticos Human, y ofrecen dos alternativas: Almacén automático Lanzadera-Shuttle, el cual sirve para cargar vidrio en varias mesas de corte desde un almacén centralizado; Como segunda alternativa está el de cargadores aéreos, los cuales son unas grúas con ventosas que transportan la carga suspendida hasta las mesas de corte. Como se puede evidenciar, las soluciones de Aries están más enfocadas a facilitar los movimientos entre el almacén y las máquinas.

Por último, se encuentra Vetrotec, empresa especialista en almacenes inteligentes, la cual se caracteriza por facilitar las conexiones entre los almacenes y las máquinas de corte para permitir un mejor flujo de la producción. Las alternativas de Vetrotec se caracterizan por su

versatilidad y el gran control que ofrecen sobre la localización de la materia prima, minimizando el desperdicio producido a causa de mal almacenamiento. En cuanto a la tecnología que ofrece al mercado, las opciones son bastante similares a las de Aries, también cuenta con almacén inteligente aéreo (VE700) y shuttle (VE800).

Con base en estas tres fuentes, realizaremos un análisis a profundidad para poder identificar cuáles son las técnicas utilizadas en estos diseños que logran aumentar la capacidad de los almacenes y facilitar el traslado de la materia prima hasta las máquinas que la requieren.

3. CAPITULO III. DESARROLLO CONCEPTUAL DEL DISEÑO PROPUESTO

3.1 DISEÑO CONCEPTUAL

Para desarrollar este punto acerca del diseño conceptual de la solución propuesta, el trabajo investigativo se va a enfocar en una serie de puntos clave que permiten desarrollar de manera efectiva el concepto general. Sin embargo, es importante mencionar primeramente que se deben tener en cuenta las necesidades de una empresa para poder luego proponer soluciones a los problemas que se tienen. Con esto en mente, el objetivo de una propuesta de solución es corregir o intentar mejorar los problemas que una empresa tiene. Es por esto, que se procederá a ilustrar los siguientes puntos clave:

a. Definición de un problema o de una necesidad

El primer paso es definir los problemas y las necesidades de la empresa analizada, para luego buscar soluciones que intenten resolver, corregir o mitigar los elementos encontrados. Para la empresa analizada, que es encargada de la comercialización de láminas de vidrio, se realizó la debida investigación y se lograron identificar ciertos problemas claves en la organización, que se pueden resumir en la falta de alineación de la distribución del stock en los almacenes con la ubicación de las máquinas procesadoras, en la demora en los tiempos de traslado de materiales entre plantas vecinas y dentro de la planta. Estos problemas fueron encontrados luego de analizar una serie de causas que los generaban y traen consigo consecuencias que afectan al desarrollo y correcto funcionamiento de la empresa como los retrasos en el proceso productivo.

b. Investigación de posibles soluciones

Para poder corregir los problemas o errores encontrados dentro de la organización, se deben investigar posibles soluciones que puedan de alguna manera intentar ayudar a mejorar la situación actual. Para el caso de la empresa que se está analizando y los problemas encontrados que se deben principalmente por las altas tasas de crecimiento de la empresa y a la falta de organización dentro de la misma, se deben encontrar soluciones que contribuyan a ubicar la materia prima lo más cercano posible a las máquinas procesadoras para que se reduzcan los tiempos de traslado de la misma. Añadido a esto, una vez se realiza la correcta asignación de los materiales en los almacenes, se debe proceder con la estrategia de distribución del stock para organizar la materia prima. Para el primer punto mencionado, se hicieron investigaciones relacionadas con problemas de asignación teniendo en cuenta una función objetivo de minimización de costos lo cual incide por ende en la reducción de los tiempos de traslado. La asignación permite que las materias primas que son procesadas por máquinas específicas se encuentren en los almacenes correspondientes más cercanos y así permitir menores tiempos de tránsito. Añadido a esto una posible solución para el problema de la organización de las láminas de vidrio en los almacenes, puede ser la metodología ABC que se enfoca en la clasificación de los productos según un criterio específico como puede ser la utilización dentro de la compañía. Esta metodología está basada en el Diagrama de Pareto, donde el 80% de las ventas de una empresa están determinadas únicamente por el 20% de los productos. Para ello se realiza la clasificación de los productos lo cual permite identificar y caracterizar qué tipo de referencias son prioritarias o de alta rotación y cuáles son las de baja rotación. De esta manera, se pueden organizar según estos criterios y así facilitar la búsqueda de los materiales dentro de los almacenes. Otro método posible de solución es el del ICP (índice cúbico por pedido) más conocido como índice cúbico de pedido, el cual intenta organizar los espacios de los almacenes de forma que el inventario que sea de mayor volumen sea el que se desplace las menores

distancias posibles (Ballou, 2003). Se trata de un índice de optimización porque busca reducir o mejorar un problema dentro de la empresa.

Basado en estas propuestas de solución investigadas, se procede a realizar mayores estudios para comprender mejor las metodologías encontradas y así escoger la solución que mayormente podría mitigar los problemas presentados.

c. Creación del concepto

En este punto, se lleva a cabo el proceso de creación del concepto más eficaz, con base en la investigación precedente. El propósito del diseño conceptual tiene unos elementos clave que son:

- Establecer un marco y límites para el proyecto lo cual responde a las preguntas de ¿por qué se haciendo esto y cómo será hará posible?
- Crear un lenguaje de diseño para conectar ideas abstractas y composición visual.
- Diseñar algo original que resuelva el problema en cuestión.

Para responder a la primera pregunta de por qué se está haciendo el proyecto y la forma en que se hará posible es primero mediante la identificación de los problemas de la empresa, que tienen relación con los retrasos del proceso de producción. Se quiere de alguna manera intentar controlar esta consecuencia, apuntando a la resolución de los problemas planteados y con la ayuda de las metodologías ya presentadas anteriormente. Muy ligado a esto, se busca el diseño de una herramienta o método que permita resolver esos problemas. La creación del concepto está basada en dos elementos clave que ya se mencionaron anteriormente, que son la definición del o

los problemas que se desean resolver y la investigación de las posibles soluciones o alternativas de solución ya existentes.

Luego de realizar las debidas investigaciones se procedió a describir con mayor profundidad los temas mencionados anteriormente.

3.1.1 Análisis de los SKU's

Los SKU's o stock keeping unit son los códigos de referencia de los productos que se mantienen en inventario. Teniendo esto, se facilita la búsqueda y conocimiento de los materiales guardados, así como también se conoce por ejemplo los productos más populares. Gran parte de las compañías cuenta con este concepto de stock keeping unit, al igual que la empresa analizada de comercialización de láminas de vidrio. El hecho de utilizar la identificación de las unidades en stock tiene ciertos propósitos como lo son (Jackson, 2022)

- Selección de una apropiada política de control de inventario
- Logro del entendimiento de los patrones de la demanda
- Localizaciones optimas bajo el esquema de almacenes de capacidad limitada
- Selección de una estrategia apropiada para la cadena de suministro
- Evaluación del impacto ambiental del inventario en su ciclo de vida

Una vez se tiene claro el concepto de sku's se debe recolectar información de la empresa seleccionada acerca de las unidades en stock más procesadas por las máquinas. Esto permite entonces conocer aquellas materias primas que son consideradas de alta rotación. Además, al contar con esa información de las sku's, se puede también realizar estudios de los almacenes, por ejemplo, en los cuales se toma mayores tiempos para realizar los movimientos de materia prima,

esto con el fin de analizar la posibilidad de designarlos como almacenes de baja rotación. Con esto en mente, luego de tener los almacenes seleccionados, se puede almacenar la materia prima de baja rotación en esos espacios. Este diseño se realizaría con el fin de compactar en este almacén las referencias que menos movimiento generan en la compañía y liberar espacio en los otros almacenes para lograr una organización que beneficie los movimientos de materiales hacia y desde los almacenes, reduciendo los tiempos de traslado y los costos de manejo de materiales

Al tener almacenes de alta y baja rotación de material, se puede optimizar el espacio y la organización de los materiales para que los productos de mayor demanda estén disponibles de manera rápida y eficiente, mientras que los de baja rotación se almacenan en un espacio separado para que no ocupen espacios importantes de la planta. Para poder definir los almacenes según este criterio de rotación, es importante conocer las referencias que existen dentro de la empresa y gracias a la empresa, se cuenta con la siguiente información suministrada (ver anexo 1).

3.1.2 Modelo de Asignación

Un modelo de asignación es un problema de programación lineal que tiene la funcionalidad de asignar o conectar dos puntos, uno de origen y otro de destino, con el fin de reducir las distancias recorridas. Para el modelo que se va a plantear se va a realizar un algoritmo de variables enteras que va a considerar un número de nueve almacenes o bodegas como puntos de origen y ocho máquinas como destinos. Se decidió realizar un modelo de asignación debido a la necesidad de reducir tiempo y distancia recorrida por los operarios y de la maquinaria de transporte, para optimizar esto y encontrar la combinación adecuada entre los almacenes de láminas de vidrio y destino máquina, por ende, se propone una función objetivo de minimización de distancias.

Para investigar acerca de los modelos de asignación se encontró que el autor Ballou trata en el capítulo 7 del diseño de rutas para los transportes teniendo en cuenta múltiples orígenes y destinos, lo cual aplicaría para el caso mencionado anteriormente.

Primeramente, las asignaciones realizadas se basaron en datos brindados por la empresa, la cual proporcionó un archivo donde se encontraba todas las referencias de vidrio en ese momento en la compañía, la cantidad de guacales de vidrio de cada una y en qué bodega estaba siendo almacenada cada referencia. En el segundo archivo, estaba toda la data de siete meses de producción de la compañía, donde se especificaba la referencia y la maquina donde fue procesada, así como la cantidad de guacales que fueron transformados. Estos archivos se utilizaron para conocer la demanda de las máquinas, es decir, la cantidad promedio de guacales que fueron procesados por cada máquina en una semana. Se acotó de la manera anteriormente descrita para conocer el flujo promedio que se maneja en la compañía en una semana.

La capacidad de las bodegas, es decir, el número de guacales que caben en cada bodega se obtuvo mediante los planos proporcionados directamente por la empresa, se tomaron las medidas de área de cada bodega y a partir de eso calculó la capacidad, teniendo en cuenta las medidas de los racks donde se almacenan y el tamaño de los guacales que por lo general son medidas estándar de ancho y alto 3.3 m x 2 m, sin embargo, la medida decisiva de la capacidad es el espesor de los guacales que es 33 cm. A partir de las medidas indicadas se calculó la capacidad de las bodegas contemplando una holgura dentro de las bodegas para facilitar la asignación.

Para la construcción del modelo de asignación que se resolvió primeramente mediante el complemento de Excel de Solver, se tienen en cuenta las siguientes variables. Se define primero una variable C_{ij} que se define como el costo por unidad y se puede traducir en la distancia recorrida, donde i corresponde a la bodega o almacén y j corresponde a la máquina a la cual se

va a asignar dicho almacén. Se define una segunda variable X_{ij} que es de carácter binario y es la variable de decisión de que la bodega i debe enviar unidades a la máquina j . A continuación, se presentan las variables:

C_{ij} = costo por unidad donde la bodega i debe asignarse a la máquina j

X_{ij} = decisión de si la bodega i supe a la máquina j

X_{ij} es una variable binaria \rightarrow toma valores de 1 o 0

Teniendo en cuenta que:

i = bodega B1, B2, C, D1, D2, E1, E2, E3 y F

j = Lisec 3, Lisec 4, Lisec 5, Lisec 6, Lisec 7, Lisec 8, Lisec 9 y Lisec 10

Tabla 1. Distancias bodega-máquina

Máquina/Bodega	Lisec 8	Lisec 3	Lisec 4	Lisec 7	Lisec 5	Lisec 6	Lisec 9	Lisec 10
B1 (1)	4	261,26	328,26	353,45	455,66	565,34	683,97	703,97
B2 (2)	95,34	138,93	205,93	231,12	333,33	443,01	561,64	581,64
C (3)	262,93	43,01	31,02	56,21	158,42	268,1	386,73	406,73
D1 (4)	347,26	117,39	50,39	25,2	77,01	186,69	305,59	325,59
D2 (5)	383,84	146,96	79,96	54,77	47,44	157,12	275,65	295,65
E1 (6)	404,45	171,27	104,27	79,08	6	115,64	234,27	254,27
E2 (7)	441,08	207,55	140,55	115,36	13,15	96,53	215,16	235,16
E3 (8)	557,42	331,57	264,57	239,4	137,19	57	61,63	81,63
F (9)	606,67	369,61	302,61	277,42	175,21	91,39	32,8	12

Nota: la tabla muestra las distancias existentes entre las nueve bodegas y las ocho máquinas que se encuentran en la planta de la empresa la cual se encuentra en metros.

Una vez se determina la variable se establece una función objetivo de minimizar distancia recorrida, la cual se define como Z_{min} . Teniendo en cuenta la información de las distancias de la tabla anteriormente presentada, la función objetivo se consolidaría de la siguiente forma:

$$Z_{min} = \sum C_{ij} * X_{ij} \quad \text{donde } C_{ij} \in \mathbb{R}$$

$$\text{Donde } X_{ij} \rightarrow [1,0]$$

El modelo se encuentra sujeto a unas restricciones las cuales son las siguientes:

- Restricción de bodegas: todas las bodegas deben ser utilizadas

$$\sum_{j=1} X_{ij} = 1 \quad \forall i$$

- Restricción de máquinas: todas las máquinas deben ser servidas al menos por una bodega

$$\sum_{i=1} X_{ij} \geq 1 \quad \forall j$$

- Restricción de máquina Lisecc 0: máquina Lisecc 0 no debe ser servida

$$\sum_{i=1} X_{i \text{ Lisecc0}} = 0$$

Para resolver el modelo se realizó con el complemento de Solver la herramienta informática de Excel y se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 2. Asignación 1 a 1

Zmin=		422,75							
BODEGA/MAQUINA	Lisec 8	Lisec 3	Lisec 4	Lisec 7	Lisec 5	Lisec 6	Lisec 9	Lisec 10	Lisec 0
B1 (1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B2 (2)	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C (3)	0	0	1	0	0	0	0	0	0
D1 (4)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
D2 (5)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
E1 (6)	0	0	0	0	1	0	0	0	0
E2 (7)	0	0	0	0	0	1	0	0	0
E3 (8)	0	0	0	0	0	0	1	0	0
F (9)	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Nota: la tabla muestra el resultado del modelo de asignación utilizando el complemento de Solver en Excel. Obteniendo una asignación de una bodega por máquina

Con base en estos resultados se establece una asignación uno a uno, lo cual quiere decir que una bodega envía única y exclusivamente a una sola máquina, a excepción de la máquina Lisec 0 la cuál no debe ser servida. De manera más exacta, el modelo de asignación resultó:

Bodega B1 se asigna a máquina Lisec 8

Bodega B2 se asigna a máquina Lisec 3

Bodega C se asigna a máquina Lisec 4

Bodega D1 se asigna a máquina Lisec 7

Bodega D2 se asigna a máquina Lisec 5

Bodega E1 se asigna a máquina Lisec 5

Bodega E2 se asigna a máquina Lisec 6

Bodega E3 se asigna a máquina Lisec 9

Bodega F se asigna a máquina Lisec 10

Sin embargo, debido a que el resultado obtenido fue una asignación uno a uno, se decidió utilizar otro método de solución para poder obtener resultados más específicos y más cercanos a la realidad. Es por esto que el modelo se resolvió de manera manual por medio del Método o Aproximación de Vogel. La asignación de bodega a máquina utilizando el método de transporte de Vogel, se empleó debido a que este tiene en cuenta la capacidad y demandas, además del costo que en este caso se traduce a distancias. Este se utilizó con el fin de asegurar que las demandas de las máquinas fueran cubiertas por la mínima capacidad de las bodegas, con el fin de minimizar distancias. Se utilizaron las mínimas capacidades de las bodegas y no la máxima, con el fin de asegurar que al menos según el promedio de demandas con la mínima cantidad fueran cubiertas por las bodegas y para dejar cabida a que luego de la asignación metódica, se lograra realizar una asignación óptima basada en los conocimientos de la empresa.

Al modelo anterior se le agrega una variable nueva con respecto al primer modelo planteado. Se considera nuevamente una variable C_{ij} que se define como el costo por unidad y se puede traducir en la distancia recorrida, donde i corresponde a la bodega o almacén y j corresponde a la máquina a la cual se va a asignar dicho almacén. Se define una segunda variable X_{ij} que es de carácter binario y es la variable de decisión de que la bodega i debe enviar unidades a la máquina j y por último se define una variable Y_{ij} que es el número de unidades que se envían desde la bodega i a la máquina j .

C_{ij} = costo por unidad donde la bodega i debe asignarse a la máquina j

X_{ij} = decisión de si la bodega i supe a la máquina j

X_{ij} es una variable binaria \rightarrow toma valores de 1 o 0

Y_{ij} = número de unidades que proporciona la bodega i a la máquina j

$$Y_{ij} \geq 0$$

$K_j = \text{capacidad de la bodega } i$

$D_j = \text{demanda de la máquina } j$

Teniendo esta nueva variable en cuenta, el modelo de igual manera con una función objetivo de minimización de distancias recorridas, tal como se muestra a continuación:

$$Z_{min} = \sum C_{ij} * X_{ij} * Y_{ij} \quad \text{donde } C_{ij}, X_{ij}, Y_{ij} \in \mathbb{R}$$

Donde $X_{ij} \rightarrow [1,0]$

$$Y_{ij} \geq 0$$

Teniendo en cuenta que:

$i = \text{bodega } B1, B2, C, D1, D2, E1, E2, E3 \text{ y } F$

$j = \text{Lisec } 3, \text{Lisec } 4, \text{Lisec } 5, \text{Lisec } 6, \text{Lisec } 7, \text{Lisec } 8, \text{Lisec } 9 \text{ y } \text{Lisec } 10$

El modelo además se encuentra sujeto a unas restricciones las cuales son las siguientes:

- Restricción de demanda: se desea cumplir con la demanda de las máquinas j

$$\sum_i X_{ij} * Y_{ij} = D_j \quad \forall j$$

- Restricción de capacidad: no se puede sobrepasar la capacidad de las bodegas i

$$\sum_j X_{ij} * Y_{ij} \leq K_i \quad \forall$$

Tabla 3. Asignación método Vogel

Máquina/Bodega	Lisec 8	Lisec 3	Lisec 4	Lisec 7	Lisec 5	Lisec 6	Lisec 9	Lisec 10	CAPACIDAD	
B1 (1)	66,00	4,00	261,26	328,26	353,45	455,66	565,34	683,97	703,97	66
B2 (2)	38,00	95,34	138,93	205,93	231,12	333,33	443,01	561,64	581,64	132
C (3)	-	262,93	43,01	31,02	56,21	158,42	268,10	386,73	406,73	75
D1 (4)	-	347,26	117,39	50,39	25,20	77,01	186,69	305,59	325,59	220
D2 (5)	-	383,84	146,96	79,96	54,77	47,44	157,12	275,65	295,65	36
E1 (6)	-	404,45	171,27	104,27	79,08	6,00	115,64	234,27	254,27	109
E2 (7)	-	441,08	207,55	140,55	115,36	13,15	96,53	215,16	235,16	144
E3 (8)	-	557,42	331,57	264,57	239,40	137,19	57,00	61,63	81,63	153
F (9)	-	606,67	369,61	302,61	277,42	175,21	91,39	32,80	12,00	245
DEMANDA	104	190	200	157	155	163	134	61		

Nota: La tabla muestra el resultado de la aplicación del modelo de Vogel teniendo en cuenta la capacidad de las bodegas y la demanda de las máquinas

De acuerdo a los resultados de la asignación según el Método de Vogel, se tiene lo siguiente:

Bodega B1 se asigna a máquina Lisec 8

Bodega B2 se asigna a máquina Lisec 8 y Lisec 3

Bodega C se asigna a máquina Lisec 3

Bodega D1 se asigna a máquina Lisec 4 y Lisec 7

Bodega D2 se asigna a máquina Lisec 4

Bodega E1 se asigna a máquina Lisec 4 y Lisec 5

Bodega E2 se asigna a máquina Lisec 5

Bodega E3 se asigna a máquina Lisec 3, Lisec 4 y Lisec 6

Bodega F se asigna a máquina a Lisec 6, Lisec 9 y Lisec 10

A partir de los resultados obtenidos por el método de Vogel, se realizaron algunos cambios con el fin de optimizar el modelo minimizando aún más el recorrido y con el fin de obtener una bodega de unidades de baja rotación. La reubicación que se realizó es la siguiente:

La bodega D1 que se asignó a entregar 63 unidades de materia prima a la máquina Lisec 4 y 157 unidades a Lisec 7, se va a modificar de tal manera que ahora se habilita una mayor cantidad de materia prima que debe ir para Lisec 4 y menor cantidad para Lisec 7. Esto se realizó debido a la distancia y además porque la bodega E1 que también se encarga de enviar materia prima a Lisec 4, se encuentra luego del desnivel de la planta lo cual perjudica los tiempos de traslado. Es por esto que se debe agregar mayor cantidad de materia prima recibida en Lisec 4 por parte de la bodega D1 y también por el hecho de que esta es la máquina que más láminas de vidrio procesa.

Otro cambio realizado es que la bodega D2 se establece como la bodega de reabastecimiento para las otras bodegas y al ser compacta su capacidad de almacenamiento aumenta. La principal razón para usar la mínima capacidad es para dejar un pequeño espacio u holgura en las bodegas con el fin de reubicar las unidades enviadas a la bodega en cuestión por la asignación de Vogel en las bodegas que fuese necesario y emplear este espacio como bodega de baja rotación, es decir, la de más difícil acceso y por ende designarla como la “bodega de emergencia” donde las unidades están más compactas y que toma más tiempo en ser trasladados los vidrios. También, esta bodega se designó para tener un back up de las bodegas asignados a cada máquina por si se quedan sin inventario y sería más beneficioso tomarlo dentro de la bodega y no tener que solicitarlo a una bodega fuera de las instalaciones de la compañía.

Dentro de la bodega E1, se amplia capacidad dentro de la holgura calculada de 28 unidades, dejando esta que proporcione la materia prima a las maquinas Lisec 4 y Lisec 7. Reubicando las unidades de Lisec 5 a la bodega E2, siendo esta la que única bodega que

proporciona la materia prima a la máquina. La bodega E3 se modifica con el fin de que sea única fuente de la máquina Lisec 6 y dejando a la bodega F que es la de mayor capacidad proporcione la materia prima a las maquinas Lisec 6, 9 y 10.

De estas modificaciones se obtuvo la capacidad máxima de las bodegas y definitivas teniendo en cuenta las holguras calculadas para las bodegas que tuvieran el espacio, obteniendo la siguiente tabla con las capacidades:

Tabla 4. Capacidades bodegas

CAPACIDAD BODEGAS	
BODEGAS	UNIDADES (GUACAL)
B1	66
B2	132
C	96
D1	220
D2	120
E1	137
E2	155
E3	113
F	245

Nota: La tabla muestra las capacidades de las bodegas de la planta

A continuación, se muestra mediante una tabla los cambios realizados:

Tabla 5. Asignación bodega-máquina unidades

ASIGNACIÓN MAQUINA BODEGA		
BODEGA	MAQUINA	UNIDADES QUE PROPORCIONA
B1	LISEC 8	66
B2	LISEC 8	38
	LISEC 3	94
C	LISEC 3	96
D1	LISEC 4	140
	LISEC 7	80
D2	BODEGA DE BAJA ROTACIÓN: " BODEGA DE LAS BODEGAS"	
E1	LISEC 4	60
	LISEC 7	77
E2	LISEC 5	155
E3	LISEC 6	113
F	LISEC 6	50
	LISEC 9	134
	LISEC 10	61

Nota: La tabla muestra una nueva asignación donde se designa la bodega D2 como bodega de baja rotación y se modifica algunas de las asignaciones

De acuerdo a esta nueva asignación, la distribución de la planta se vería de la siguiente manera, teniendo en cuenta los planos y mapas de la organización (ver anexo 2 que corresponden a los planos de la empresa).

Por otro lado, una vez se realizó el modelo de asignación para definir qué bodega alimentaba con materia prima a qué máquina, se debe realizar internamente dentro de cada bodega otro modelo para la organización de la materia prima, siguiendo la metodología ABC.

3.1.3 Almacenamiento

El slotting se define como el proceso de la distribución de la materia prima en los diferentes almacenes dentro de una planta. Existen diversos métodos para realizar esta tarea de organización del stock, como los nombrados anteriormente como MRP, JIT (just in time), metodología ABC y el ICP. En general, la elección del método dependerá de los objetivos y necesidades específicas de la empresa, así como de las características de las materias primas y de los almacenes. Para la empresa seleccionada, se tiene en cuenta que tienen necesidades de organización debido a que la distribución actual está presentando problemas como dificultades en el traslado de los materiales y retrasos en el proceso de producción. Añadido a esto, debido a las características de las láminas de vidrio que son materiales delicados y que no se recomienda mover con tanta frecuencia, se escogió el método ABC.

ABC

Esta metodología como ya se ha mencionado anteriormente, se basa en la ley del 80-20, lo cual significa que el 20% de los SKU's corresponden al 80% de la actividad de la empresa. De esta manera, se clasifican entonces las materias primas en las categorías A (SKU's de mayor incidencia en las actividades de la organización, por ende, las más importantes), categoría B (SKU's medianamente importantes) y la C (las de menor actividad en la empresa). Los artículos clasificados como categoría A se podrían organizar y distribuir en diversos almacenes de manera que se cuenta con un alto número de existencias en varios puntos de la planta, mientras que los de categoría C podrían organizarse en un punto único y contar con menos existencias por ser los de menor actividad para la empresa (Ballou, 2003). Es importante mencionar que, para realizar las clasificaciones de los materiales en almacenes, generalmente se realiza mediante un enfoque más bien financiero o económico, como por ejemplo organizar de acuerdo a las ventas por año. Sin embargo, se pueden utilizar otros criterios para la clasificación y que se enfoquen más en el

ámbito operacional de la planta analizada. Dentro de estos se encuentra por ejemplo la cantidad de veces que un cliente solicita un pedido o el número de viajes que se realizan dentro de la planta. (Bartholdi & Hackman, 2019).

Para el método ABC la lógica que se utilizó es de los datos brindados por la empresa donde se indica la referencia que procesa cada maquina y el número de unidades que esta procesa en el periodo de tiempo de 7 meses. Esas bases de datos se depuraron de manera que se obtuvo un promedio de unidades, específicamente guacales que se procesaron semanalmente. La lógica del ABC es para conocer las referencias que más unidades cortaron, basándose en la ley del 80-20 de Pareto, que indica que el 80% de la producción estuvo en manos del 20% de la materia prima. De acuerdo a la información suministrada por la empresa, las referencias de vidrio más solicitadas son el incoloro de 6mm, solarban y TG Low-E. Todo esto se realizó con el fin de tomar esta información para decidir la organización de las referencias óptima al interior de las bodegas. Esto se realizó con el objetivo principal de reducir los tiempos de traslado de material y para identificar aquellas referencias que se encuentran actualmente en bodega, pero no se procesan con tanta frecuencia.

Teniendo en cuenta esta base teórica se realizó el debido análisis para la clasificación ABC de las referencias.

El método ABC nos da a entender basado en la información de esos 7 meses mencionados anteriormente, según cada máquina la cantidad semanal que fue procesado de cada referencia, dando la información base de que referencias fueron mayormente procesadas, mas no nos indica la cantidad que debe haber en cada bodega, sino lo procesado y esto nos da la idea de que según el promedio es baja la cantidad que si fue procesada, dando a entender que no se está utilizando al máximo las maquinas, dando tiempo en que la maquina no está siendo usada. Basado en esto, lo que se busca es aumentar esa cantidad de unidades procesadas con nuestro diseño,

minimizando recorrido en busca de unidades que son mayormente cortadas con las máquinas y teniendo inventario disponible de esto según su asignación, segmentando las áreas de los recursos que se emplean para transporte.

Para establecer que referencias y en qué cantidad va cada maquina se realizó, primeramente, la asignación que se muestra a continuación:

Tabla 6. Método ABC Lisec 8

LISEC 8		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
INCOLORO 6	51	31,02%
INCOLORO 5	24	20,44%
INCOLORO 3	17	18,80%
GRIS 6	8	6,57%
GRIS 5	7	5,66%
INCOLORO 4	7	5,11%
GRIS 3	5	4,01%
BRONCE 3	3	1,46%
VERDE 3	3	1,46%
GRIS 4	2	0,91%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 4	1	0,73%
BRONCE 5	1	0,55%
BRONCE 4	1	0,36%
DIAMANT 5	1	0,36%
OPTI WHITE 5	1	0,36%
SOLEX 6	1	0,36%
AZURIA 6	1	0,18%
AZURIA SOLAR COOL 6	1	0,18%
BRONCE 6	1	0,18%
OPTIBLUE 6	1	0,18%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	1	0,18%
SOLEX 3	1	0,18%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	1	0,18%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	1	0,18%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	1	0,18%
TG LOW-E N70/38 II STARPHIRE 6	1	0,18%

82,48%

Tabla 7.Método ABC Lisec 9

LISEC 9		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	30	21,98%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	12	8,80%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	10	7,63%
INCOLORO 6	9	6,64%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	7	5,39%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	7	5,24%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6	6	4,15%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5	5	3,45%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	4	2,79%
GRIS 6	3	2,37%
INCOLORO 3	3	2,29%
SB70 VT2 CLEAR VTII 3	3	2,29%
INCOLORO 10	2	1,81%
SOLARBAN 72 STARPHIRE VT 6	2	1,59%
SOLARBAN 60 VTII 6	2	1,38%
EVERGREEN ECLIPSE ADVANTAGE 6	2	1,33%
INCOLORO 5	2	1,28%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	2	1,28%
GRIS 5	2	1,25%
INCOLORO 8	1	1,09%
INCOLORO 4	1	1,06%
TG LOW-E N76/60 II CLEAR 6	1	1,01%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 3	1	0,96%
TG LOW-E N70/38 II GRAY 6	1	0,96%
TG LOW-E R43/28 II CLEAR 6	1	0,96%
SOLARBAN 90 VTII CLEAR 6	1	0,90%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	1	0,90%
SOLARBAN 70XL VT SOLARGREY 6	1	0,80%
SB70C VT2 GRAY 6	1	0,56%
TG LOW-E N70/38 II STARPHIRE 6	1	0,50%
SOLARBAN 60 VTII 5	1	0,48%
SOLARBAN Z-75 OPTIBLUE VT 6	1	0,48%
PLANITHERM ONE 3	1	0,45%
BRONCE 8	1	0,40%
SB70C VT2 STARPHIRE 6	1	0,37%

80,39%

Tabla 8. Método ABC LiseC 7

LISEC 7		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	21	13,55%
SB70 VT2 CLEAR VTII 3	17	10,79%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	12	7,64%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	11	7,18%
INCOLORO 3	10	6,59%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	8	4,83%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5	6	4,10%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 3	6	4,08%
INCOLORO 6	6	4,01%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	6	3,88%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6	5	3,49%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	5	3,40%
INCOLORO 5	5	2,99%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	4	2,71%
TG LOW-E R43/28 II CLEAR 6	4	2,44%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	3	1,98%
SOLARBAN 60 VTII 6	3	1,85%
SOLARBAN 60 VTII 3	2	1,05%
SOLARBAN 60 VTII 5	2	0,96%
GRIS 3	1	0,94%
GRIS 6	1	0,89%
INCOLORO 4	1	0,87%
SOLARBAN 72 STARPHIRE VT 6	1	0,73%
GRIS 5	1	0,71%
SOLARBAN 70XL VT SOLARGREY 6	1	0,59%
TG LOW-E N70/38 II GRAY 6	1	0,50%
TG LOW-E R53/33 II CLEAR 6	1	0,50%
PLANITHERM ONE 3	1	0,48%
COOL LITE ST 150 GRIS 6	1	0,36%
TG LOW-E R36/23 II CLEAR 6	1	0,36%
TG LOW-E N76/60 II CLEAR 6	1	0,34%

81,69%

Tabla 9. Método ABC Lisec 6

LISEC 6		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
INCOLORO 6	265	40,57%
INCOLORO 8	83	12,69%
GRIS 6	63	9,63%
INCOLORO 10	45	6,85%
KS138 II 6	31	4,81%
INCOLORO 5	27	4,07%
GRIS 5	15	2,25%
BRONCE 8	12	1,86%
STARPHIRE 6	12	1,77%
INCOLORO 12	9	1,42%
INCOLORO 3	8	1,25%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	8	1,25%
BRONCE 6	8	1,20%
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	7	1,07%
TG LOW-E N76/60 II CLEAR 6	5	0,81%
INCOLORO 15	4	0,63%
SOLEX 6	4	0,59%
TG LOW-E N76/60 II CLEAR 10	4	0,59%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	4	0,55%
BRONCE SOLAR COOL 6	3	0,53%
INCOLORO 4	3	0,53%
OPTI WHITE 10	3	0,44%
OPTI GREY 6	2	0,35%
OPTI WHITE 6	2	0,28%
PACIFICA 6	2	0,28%
AZURIA 8	2	0,26%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	2	0,24%
BRONCE 5	1	0,22%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	1	0,22%
GRIS 3	1	0,20%
STARPHIRE 10	1	0,20%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	1	0,20%
VERDE 6	1	0,20%
TEC 70 3	1	0,15%
OPTI WHITE 5	1	0,13%
SOLEX 5	1	0,13%
EVERGREEN ECLIPSE ADVANTAGE 6	1	0,11%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6	1	0,09%

80,88%

Tabla 10. Método ABC Lisec 5

LISEC 5		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
INCOLORO 6	201	32,41%
INCOLORO 5	94	15,15%
GRIS 6	81	13,12%
INCOLORO 3	37	6,04%
GRIS 5	35	5,58%
INCOLORO 4	35	5,58%
GRIS 3	20	3,18%
BRONCE 6	14	2,19%
GRIS 4	12	1,94%
TEC 70 3	11	1,84%
SOLEX 6	10	1,54%
BRONCE 3	8	1,22%
BRONCE 5	7	1,18%
SOLEX 5	7	1,15%
STARPHIRE 6	7	1,06%
BRONCE 4	5	0,74%
SOLEX 3	4	0,65%
AZURIA 6	4	0,62%
OPTI GREY 6	3	0,55%
BRONCE SOLAR COOL 6	3	0,48%
SOLEX 4	2	0,37%
SOLAR BLUE 6	2	0,35%
AZURIA SOLAR COOL 6	2	0,32%
GRIS SOLAR COOL 6	2	0,30%
TEC 250 3	2	0,25%
BLUE GREEN 6	1	0,21%
OPTIBLUE 6	1	0,21%
OPTI WHITE 6	1	0,16%
PACIFICA 6	1	0,16%
VERDE 6	1	0,16%
KS138 II 6	1	0,14%
VERDE 3	1	0,14%
AZUL ARTÍCO 6	1	0,12%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 5	1	0,12%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 6	1	0,12%

81,05%

Tabla 11. Método ABC Lisec 4

LISEC 4		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
INCOLORO 3	250	24,32%
INCOLORO 4	133	12,97%
GRIS 3	127	12,37%
INCOLORO 6	99	9,62%
INCOLORO 5	51	5,01%
INCOLORO 8	48	4,69%
GRIS 6	35	3,38%
GRIS 5	33	3,20%
INCOLORO 10	32	3,09%
GRIS 4	26	2,56%
BRONCE 3	22	2,16%
INCOLORO 12	20	1,95%
BRONCE 6	16	1,56%
SOLEX 6	15	1,49%
BRONCE 5	14	1,40%
SOLEX 3	12	1,18%
SOLEX 5	12	1,17%
BRONCE 4	9	0,85%
AZUL ARTICO 10	5	0,51%
AZURIA 6	4	0,42%
VERDE 3	4	0,40%
SOLEX 4	4	0,39%
BRONCE SOLAR COOL 6	4	0,38%
AZURIA SOLAR COOL 6	3	0,33%
STARPHIRE 6	3	0,33%
OPTIBLUE 6	3	0,28%
BRONCE 8	2	0,22%
INCOLORO ECLIPSE ADVANTAGE 6	2	0,22%
BLUE GREEN 6	2	0,21%
OPTI WHITE 10	2	0,21%
AZURIA 4	2	0,18%
DIAMANT 6	2	0,18%
PACIFICA 6	2	0,17%
OPTI WHITE 5	2	0,15%
SOLAR BLUE 6	2	0,15%
OPTI WHITE 6	1	0,14%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 4	1	0,13%
OPTI WHITE 12	1	0,13%
GRIS 10	1	0,11%
AZUL ARTICO 6	1	0,10%
AZURIA 8	1	0,10%
DIAMANT 10	1	0,10%
EVERGREEN ECLIPSE ADVANTAGE 6	1	0,10%
GRIS SOLAR COOL 6	1	0,10%
EXTRA CLEAR 10	1	0,08%
OPTI WHITE 4	1	0,07%
OPTI WHITE 8	1	0,07%
STARPHIRE 10	1	0,07%
VERDE 6	1	0,07%
COOL LITE ST 150 GRIS 4	1	0,06%
COOL LITE ST 150 GRIS 6	1	0,06%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 6	1	0,06%
SOLARGREEN ATLANTICA 6	1	0,06%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	1	0,06%

81,00%

Tabla 12. Método ABC Lisec 3

LISEC 3		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
INCOLORO 6	283	34,44%
INCOLORO 5	258	31,49%
GRIS 6	94	11,42%
GRIS 5	70	8,58%
INCOLORO 3	19	2,30%
INCOLORO 4	12	1,50%
BRONCE 5	7	0,85%
BRONCE 6	7	0,85%
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	7	0,85%
GRIS 3	6	0,75%
SOLEX 6	5	0,63%
STARPHIRE 6	4	0,52%
AZURIA 6	3	0,38%
SOLEX 5	3	0,35%
AZURIA SOLAR COOL 6	3	0,33%
BLUE GREEN 6	2	0,30%
BRONCE SOLAR COOL 6	2	0,26%
COOL LITE ST 150 GRIS 6	2	0,24%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	2	0,24%
GRIS 4	2	0,23%
GRIS SOLAR COOL 6	2	0,23%
OPTI WHITE 6	1	0,17%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5	1	0,17%
VERDE 6	1	0,17%
BRONCE 4	1	0,16%
OPTIBLUE 6	1	0,14%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	1	0,14%
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR 6	1	0,12%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	1	0,12%
DIAMANT 6	1	0,10%
INCOLORO ECLIPSE ADVANTAGE 6	1	0,10%
SOLARGREEN ATLANTICA 6	1	0,10%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	1	0,10%
AZUL ARTICO 6	1	0,09%
GOLD ECLIPSE 6	1	0,09%
INCOLORO 10	1	0,09%
PLANITHERM ONE 3	1	0,09%
VERDE 5	1	0,09%
BRONCE 3	1	0,07%
SOLAR BLUE 6	1	0,07%

86,00%

Tabla 13. Método ABC Lisec 10

LISEC 10		
REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES	% DE PROCESAMIENTO
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	29	11,66%
SB70 VT2 CLEAR VTII 3	26	10,55%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	19	7,93%
INCOLORO 6	19	7,87%
INCOLORO 3	14	5,83%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	14	5,66%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	12	4,78%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	11	4,61%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	11	4,55%
GRIS 6	11	4,43%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	9	3,67%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6	7	2,86%
PLANITHERM ONE 3	7	2,74%
INCOLORO 4	6	2,45%
INCOLORO 5	6	2,39%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 3	5	2,10%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5	5	2,04%
SOLARBAN 60 VTII 3	4	1,75%
INCOLORO 10	3	1,17%
GRIS 3	2	0,99%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	2	0,93%
SOLARBAN 60 VTII 6	2	0,87%
INCOLORO 8	2	0,82%
GRIS 5	2	0,64%
TG LOW-E N70/38 II GRAY 6	1	0,52%
EVERGREEN ECLIPSE ADVANTAGE 6	1	0,41%
PATTERN P516 3	1	0,41%
SB70C VT2 GRAY 6	1	0,41%
SOLARBAN 60 VT GRIS 6	1	0,41%
TG LOW-E N76/60 II CLEAR 6	1	0,41%
VERDE 3	1	0,41%
BRONCE 6	1	0,35%
PLANITHERM 1.3 3	1	0,35%
SOLARBAN 70XL VT SOLARGREY 6	1	0,35%
SB70C VT2 STARPHIRE 6	1	0,29%
SOLEX 6	1	0,29%
STARPHIRE 6	1	0,29%
SOLARBAN 72 STARPHIRE VT 6	1	0,23%

82%

A partir de esta información, se tomó las referencias dentro de la categoría A, que son las que su porcentaje de procesamiento suman el 80%. Con esto se tomaron estas referencias y se les

calculo su peso porcentual solo para la categoría, sumando el total de esto y dividiendo cada uno entre la suma. Esto con el fin de calcular adecuadamente y siguiendo la base de nuestro diseño de lo que más se procese, tendrá más cantidad en su bodega según su máquina asignada. Seguidamente, basada en la capacidad de cada bodega y de lo asignado de la bodega a cada maquina en unidades disponibles para cada una (ver tabla 6), se tomó el peso porcentual de cada referencia y se multiplicó por el total de los disponible para la maquina en cada bodega. Esto, arrojando el resultado de la cantidad que se asigna de cada referencia a la máquina.

A partir del proceso que se describe anteriormente de cómo se asignaron las referencias y qué cantidad toma cada máquina de cada bodega que tiene a su disposición, se tiene la siguiente asignación basada en ABC:

Tabla 14. Asignación unidades Lisec 8

LISEC 8			
BODEGA	B1	B2	PESO %
INCOLORO 6	37		36%
INCOLORO 5	24		24%
INCOLORO 3	5	17	22%
GRIS 6		8	8%
GRIS 5		7	7%
INCOLORO 4		6	6%
CAPACIDAD BODEGA	66	38	

Tabla 15. Asignación unidades Lisec 9

LISEC 9		
BODEGA	F	PESO %
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	43	32%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6	18	13%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	15	11%
INCOLORO 6	13	10%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5	11	8%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	10	8%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6	8	6%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5	7	5%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	5	4%
GRIS 6	4	3%
CAPACIDAD BODEGA	134	

Tabla 16. Asignación unidades Lisec 7

LISEC 7			
BODEGA	D1	E1	PESO %
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	32		19%
SB70 VT2 CLEAR VTII 3	24		15%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	18		11%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	6	11	10%
INCOLORO 3		15	9%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 5		11	7%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 5		9	6%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 3		9	6%
INCOLORO 6		8	6%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 6		7	6%
SOLARBAN 70XL VT CLEAR 6		7	5%
CAPACIDAD BODEGA	80	77	

Tabla 17. Asignación unidades Lisec 6

LISEC 6			
BODEGA	E3	F	PESO %
INCOLORO 6	81		49%
INCOLORO 8	25		15%
GRIS 6	7	12	12%
INCOLORO 10		13	8%
KS138 II 6		9	6%
INCOLORO 5		8	5%
GRIS 5		4	3%
BRONCE 8		4	2%
CAPACIDAD BODEGA	113	50	

Tabla 18. Asignación unidades Lisec 5

LISEC 5		
BODEGA	E2	PESO %
INCOLORO 6	62	40%
INCOLORO 5	29	19%
GRIS 6	25	16%
INCOLORO 3	12	7%
GRIS 5	11	7%
INCOLORO 4	11	7%
GRIS 3	6	4%
CAPACIDAD BODEGA	155	

Tabla 19. Asignación unidades Lisec 4

LISEC 4			
BODEGA	D1	E1	PESO %
INCOLORO 3	60		30%
INCOLORO 4	32		16%
GRIS 3	30		15%
INCOLORO 6	18	6	12%
INCOLORO 5		13	6%
INCOLORO 8		11	6%
GRIS 6		9	4%
GRIS 5		8	4%
INCOLORO 10		8	4%
GRIS 4		5	3%
CAPACIDAD BODEGA	140	60	

Tabla 20. Asignación unidades Lisec 3

LISEC 3			
BODEGA	B2	C	PESO %
INCOLORO 6	50	24	39%
INCOLORO 5	40	28	36%
GRIS 6	4	21	13%
GRIS 5		18	10%
INCOLORO 3		5	3%
CAPACIDAD BODEGA	94	96	

Tabla 21. Asignación unidades Lisec 10

LISEC 10		
BODEGA	F	PESO %
SB70 VT2 CLEAR VTII 6	13	18%
SB70 VT2 CLEAR VTII 3	10	17%
SB70 VT2 CLEAR VTII 4	8	12%
INCOLORO 6	7	12%
INCOLORO 3	6	9%
SB70 VT2 CLEAR VTII 5	5	9%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 3	5	8%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR RFG 3	4	7%
TG LOW-E N70/38 II CLEAR 4	3	7%
CAPACIDAD BODEGA	61	

Teniendo la categoría asignada en cada bodega para todas las maquinas, se procedió al cálculo y asignación de las referencias categoría B, que son las que en los 7 meses fueron mediamente procesadas con 1 o 2 unidades de guacal. La decisión para esta categoría es asignarlas en la bodega de baja rotación D2, donde se utilizará el 40% del espacio para esta categoría y el otro 60% se destina para las referencias que se procesan en mayor cantidad y por todas las maquinas en caso de necesitar reabasto y se hayan quedado sin referencias más cercanas que la bodega D2 para ser transformadas. Para el cálculo de la asignación de las referencias categoría B, primeramente, se tomaron los datos de las unidades procesadas en 7 meses y se procedió a tomar las referencias que fueron procesadas en gran cantidad y por todas las maquinas (ver figura 5), para luego repetir el procedimiento del peso porcentual y con base en la capacidad de la bodega y el % de utilización que le corresponde. Para la categoría A que se tomaran como unidades de emergencia, para el resto de las bodegas, se realizó el mismo procedimiento indicado a continuación (ver figura 6).

Figura 4. Referencias categoría B

REFERENCIAS EN CATEGORIA B DE ASIGNACIÓN										
Etiquetas de fila	LISEC 10	LISEC 3	LISEC 4	LISEC 5	LISEC 6	LISEC 7	LISEC 8	LISEC 9	Total general	% PESO REF
GRIS 3	2				1		3	2	9	15,52%
BLUE GREEN 6		2	2	1					6	10,34%
OPTI WHITE 6		1	1	1	2				6	10,34%
COOL LITE ST 150 GRIS 6		2	1			2			5	8,62%
GRIS SOLAR COOL 6		2	1	2					5	8,62%
PACIFICA 6			2	1	2				5	8,62%
SB70C VT2 STARPHIRE 6	1					2		2	5	8,62%
VERDE 3	1			1		2	1		5	8,62%
BRONCE 8			2					2	4	6,90%
VERDE 6		1	1	1	1				4	6,90%
SOLAR BLUE 6		1	2	2					4	6,90%

58

Nota: La imagen muestra las referencias que pertenecen a la categoría B dependiendo además de las máquinas

Figura 5. Referencias procesadas por todas las máquinas

REFERENCIAS QUE PROCESAN TODAS LAS MAQUINAS										
REFERENCIAS DE VIDRIO	LISEC 10	LISEC 3	LISEC 4	LISEC 5	LISEC 6	LISEC 7	LISEC 8	LISEC 9	Total general	% PESO REF
GRIS 3	2	6	127	20	1	6	3	2	167	6,24%
GRIS 5	2	70	33	35	15	4	4	7	170	6,36%
GRIS 6	11	94	35	81	63	6	5	13	308	11,51%
INCOLORO 3	14	19	250	37	8	41	15	12	396	14,80%
INCOLORO 4	6	12	133	35	3	5	4	6	204	7,63%
INCOLORO 5	6	258	51	94	27	19	16	7	478	17,87%
INCOLORO 6	19	283	99	201	265	25	24	36	952	35,59%

2675

Nota: La imagen muestra las referencias que son procesadas por todas las máquinas dependiendo también de las máquinas procesadoras

Luego, de realizar los cálculos correspondientes la bodega D2 de baja rotación y compacta queda de la siguiente forma:

Tabla 22.Referencias designadas a bodega D2

REFERENCIAS DE VIDRIO	UNIDADES EN BODEGA DE EMERGENCIA	
GRIS 3	4	A
GRIS 5	4	
GRIS 6	8	
INCOLORO 3	10	
INCOLORO 4	5	
INCOLORO 5	13	
INCOLORO 6	29	
GRIS 3	8	B
BLUE GREEN 6	5	
OPTI WHITE 6	5	
COOL LITE ST 150 GRIS 6	4	
GRIS SOLAR COOL 6	4	
PACIFICA 6	4	
SB70C VT2 STARPHIRE 6	4	
VERDE 3	4	
BRONCE 8	3	
VERDE 6	3	
SOLAR BLUE 6	3	

Nota: La tabla muestra aquellas referencias que se designaron a la bodega de emergencia y qué cantidad se asigna de cada una

Por último, para las referencias de categoría C, que son las que por medio del promedio semanal no procesaron unidades en ninguna máquina, se tomó la decisión de no ubicarlas dentro de planta sino en los almacenes de la compañía que se reparten por fuera de la planta en estudio. A continuación, se va a mostrar las referencias que se asignaran por fuera de la planta, de en caso de ser necesitadas en la semana siguiente debido a la orden enviada por planificación están a disponibles para su traslado.

Figura 6. Referencias menos procesadas por las máquinas

REFERENCIAS MENOS PROCESADAS POR LAS MAQUINAS EN 7 MESES	
REFERENCIAS DE VIDRIO	CANTIDAD GUJACALES PROCESADOS
OPTIBLUE 6	6
PACIFICA 6	13
SOLARBLUE 6	1
SOLEX 5	2
SOLEX 6	3
STARPHIRE 6	3
BLUE GREEN 10	0
COOL LITE KNT 140 INCOLORO 6	1
COOL LITE ST 120 GRIS 4	1
COOL LITE ST 120 GRIS 6	6
COOL LITE ST 136 GRIS 6	1
COOL LITE ST 450 6	6
COOL LITE STB 120 AZUL 4	1
CRYSTAL GRAY 6	1
EXTRA CLEAR 6	10
GRIS 12	8
GRIS SOLAR COOL 4	10
OPTI GREY 10	5
OPTI WHITE 19	1
OPTIBLUE 6	6
PACIFICA SOLAR COOL 6	1
PACIFICA VISTA COOL 6	1
PATTERN P516 3	3
PATTERN P516 5	1
SOLARBAN 90 VTII STARPHIRE 6	18
SOLARBAN R77 ACUITY 6	27
SOLARBLUE SOLAR COOL 6	1
STARPHIRE 6	3
TG LOW-E N70/38 II OPTIBLUE 6	5
TG LOW-E R36/23 II CLEAR 3	1
TG LOW-E R43/28 II CLEAR 3	1

Nota: La imagen muestra aquellas referencias que no han sido procesadas por ninguna máquina durante los últimos siete meses

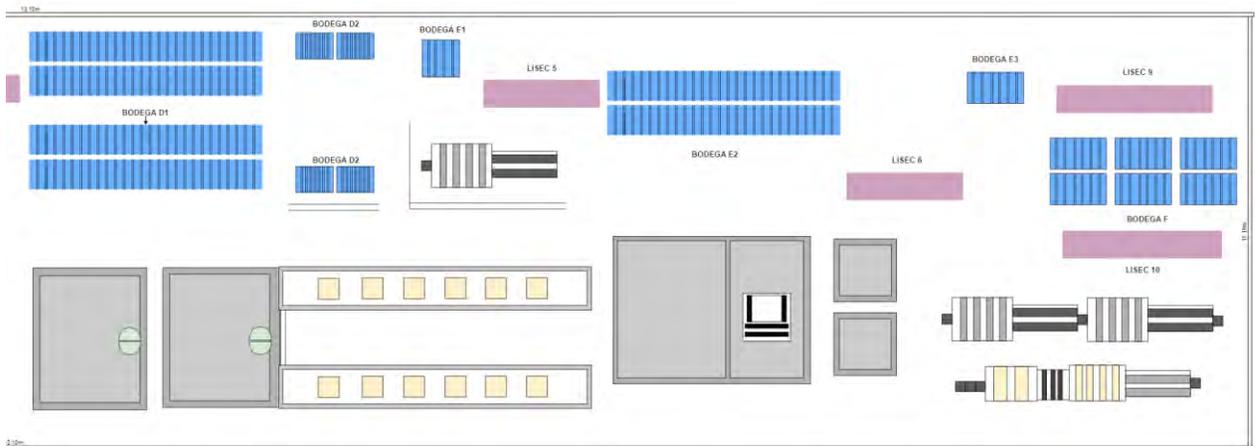
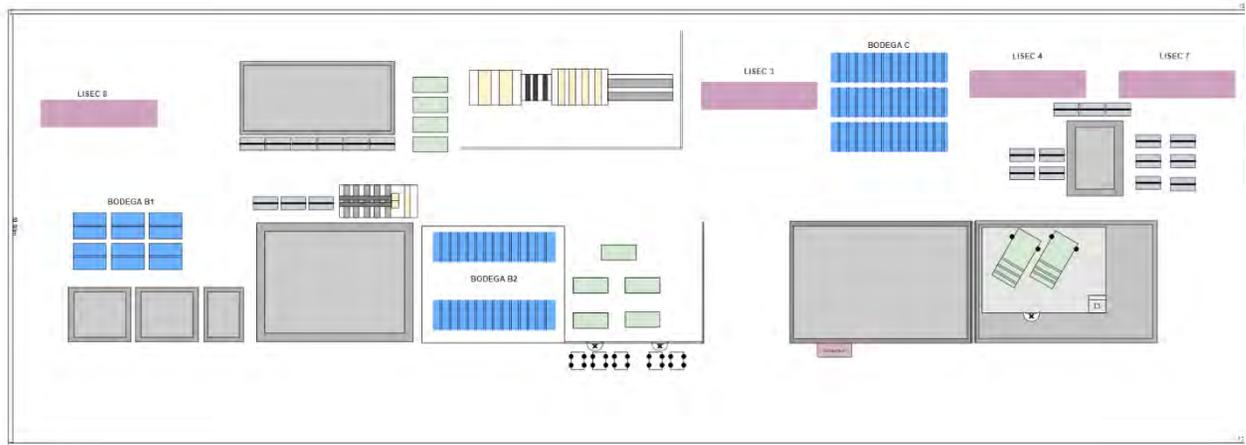
3.2 MODELACIÓN DE LOS PROCESOS

3.2.1 Modelación AS-IS

La empresa actualmente cuenta con una planta que se encarga de procesar láminas de vidrio. Este proyecto se centra únicamente en la materia prima, las bodegas que las almacenan, la maquinaria que se encarga del corte de estas y el transporte interno de materiales de bodegas a máquinas. La planta cuenta con 8 máquinas de corte, nombradas cada una como Lisec 3, Lisec 4, Lisec 5, Lisec 6, Lisec 7, Lisec 8, Lisec 9 y Lisec 10.

Además, contamos con 9 bodegas de almacenamiento de materia prima bruta, que están distribuidas a lo largo de planta al igual que las máquinas, esto se evidencia en la imagen 7. Cabe recalcar que estas bodegas son de tamaño variable, por ende, cada bodega no tiene la misma capacidad de almacenamiento, la cantidad de material que cabe en una bodega es indicado anteriormente en la tabla 5, y que se utilizó para el modelo de la simulación de la situación actual de la compañía.

Figura 7. Planos empresa



Nota: Las imágenes muestran los planos divididos en dos de la planta de la empresa. Se representan las bodegas en color azul y las máquinas procesadoras en color rosado

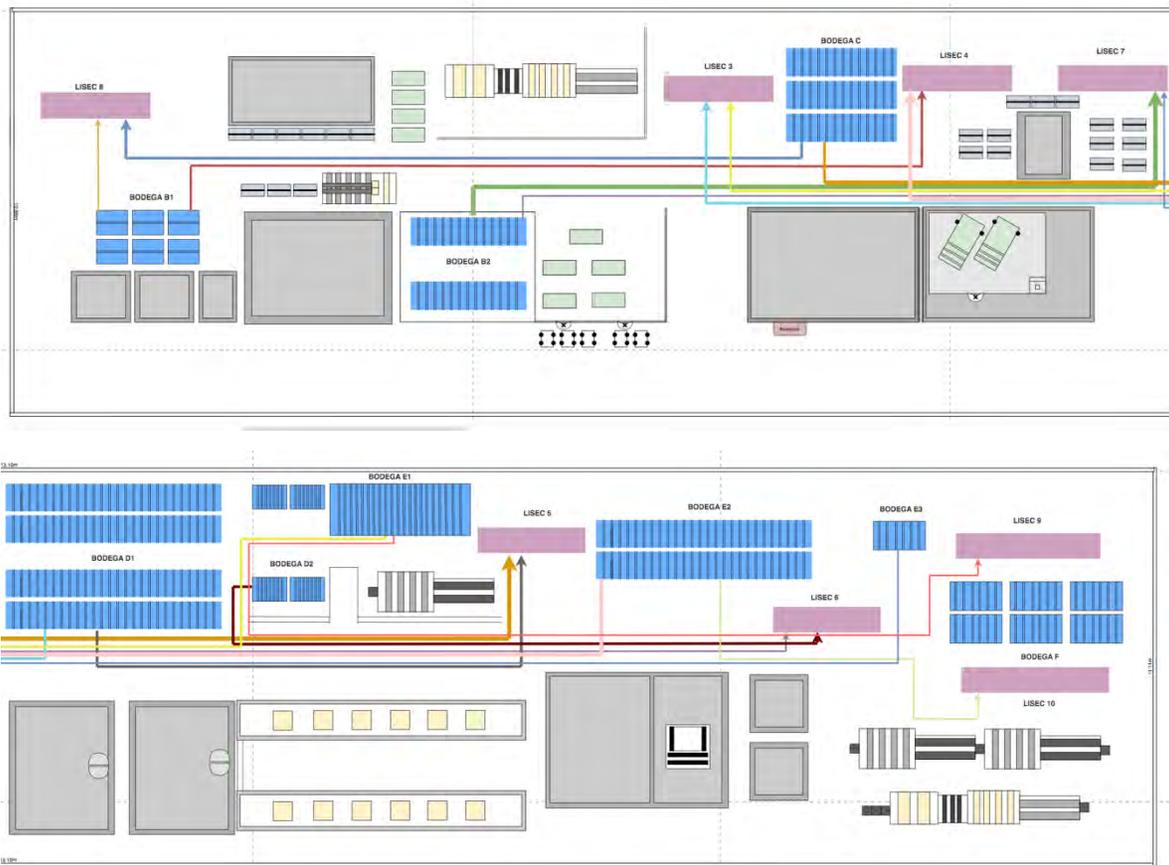
Dentro de estas bodegas se encuentran 149 tipos de referencia almacenadas, las cuales al llegar a la planta por entrega del proveedor se asignaron a las bodegas con espacio disponible, considerando una asignación flexible o de espacio libre, es decir, sin restricción alguna. De

manera que no se estaba buscando como tal optimizar el espacio disponible, sino más bien organizar de acuerdo a la disponibilidad, sin importar las capacidades y un orden óptimo.

Actualmente la planta funciona de la siguiente forma, primeramente, el departamento de planificación proporciona la programación semanal de las referencias que se van a procesar y sus especificaciones de corte. Luego, el departamento de digitación unifica en lotes de corte según corte y espesor para minimizar el desperdicio. Se pasa al departamento de corte quienes programan las máquinas que procesarán las referencias según las restricciones de cada máquina. Seguidamente, el departamento de inventario indica a los operarios de donde sacar la materia prima de las bodegas de acuerdo a la disponibilidad de las referencias en las bodegas y la cantidad que se haya programado. Una vez el puente grúa se encuentra en la posición correcta, toma la lámina de la referencia correspondiente y traslada el material a la máquina procesadora. La situación actual de la empresa cuenta con cinco puente grúas encargados del traslado de los materiales a las máquinas y teniendo en cuenta los desniveles que hay se dividen en dos secciones grandes, nivel bajo y nivel alto. En el nivel bajo se tienen en funcionamiento tres de estos puente grúas y en el nivel alto los dos restantes.

Con respecto a la asignación que se tiene actualmente para enviar referencias desde las bodegas a las máquinas, como ya se ha mencionado anteriormente no se sigue un orden específico, es decir, en las bodegas se encuentran todo tipo de referencias y estas son enviadas a diversas máquinas. De esta manera, existen bodegas alejadas de las máquinas que procesan dichas referencias que tiene en inventario y por ende los tiempos de traslado son alarmantemente altos. A continuación, se ilustra con una imagen el esquema actual de asignación dentro de la empresa:

Figura 8. Planos con asignación actual de la empresa



Nota: Esta imagen muestra los planos de la asignación actual que tiene la empresa acerca de las bodegas que se encargan de alimentar las máquinas correspondientes. En el plano se muestra el recorrido de los materiales teniendo en cuenta que las flechas representan la cantidad

Para caracterizar de manera fiel la manera en la que ocurren los procesos con la distribución actual, se hizo uso de una simulación en el programa Arena. Antes de empezar a describir el proceso de simulación, es necesario aclarar los siguientes aspectos:

a identificar la bodega de la cual se va a sacar el pedido, esto se realiza con la ayuda de una variable matriz y se revisan una por una las bodegas hasta encontrar la que contiene la referencia requerida; luego de descontar la cantidad solicitada, se ubica la entidad en la estación inicial y se registra su tiempo de salida.

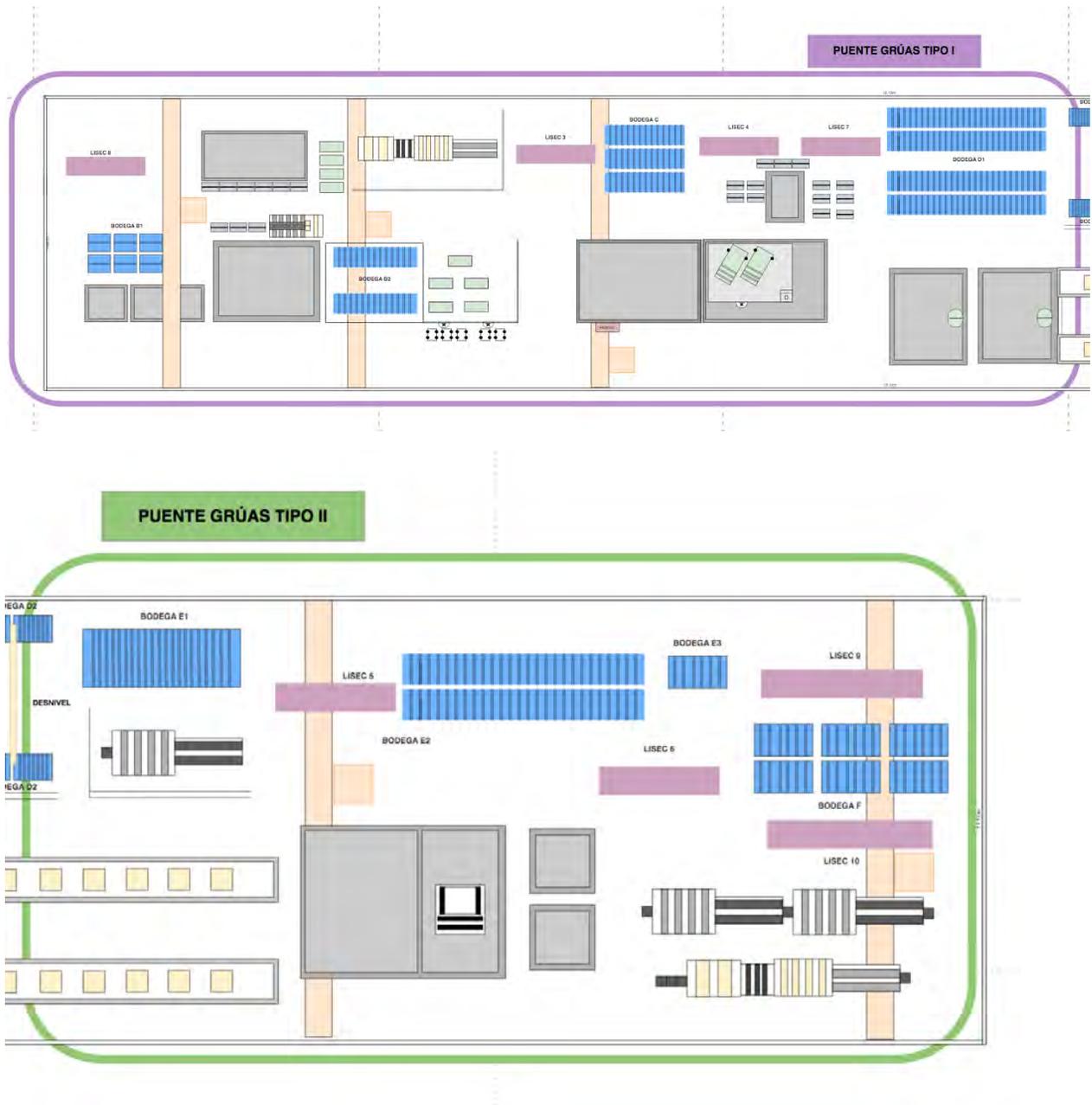
- Entre las consideraciones del sistema actual se encuentra el hecho de que dependiendo de la bodega inicial a la máquina de destino es posible que se haga necesaria la utilización de más de un puente grúa. Esta validación se realiza por medio de una decisión lógica que establece cuales pedidos necesitan dos puentes grúa y cuáles no.

- Una vez se tiene claro los requerimientos de transporte de cada pedido, los pedidos solicitan el transporte que necesitan y esperan en fila hasta poder ser atendidos, al terminar liberan el recurso y este queda disponible para atender otro pedido.

Luego, de realizar la simulación del modelo AS-IS para conocer más a profundidad acerca de las operaciones que se realizan en planta y los movimientos que se realizan teniendo en cuenta las distancias, los movimientos de los puente grúa que son los únicos recursos que se emplean para el traslado de materia prima de bodega a máquina, la cantidad de materia prima en cada bodega, así como, sus referencias y la velocidad de los recursos.

A continuación, se muestra la distribución de los puente grúa en planta, de cómo se ubican y entender su movilidad a través de la planta:

Figura 10. Planos con los puente grúa



Nota: La imagen muestra el plano de la planta el cual incluye los puentes grúas (representados por el color naranja) los cuales son los recursos designados exclusivamente para el movimiento y el manejo de los materiales

Con el fin de conocer a profundidad las estadísticas de los puentes grúa durante el traslado de materiales actualmente en la compañía, se calculó a través de variables dentro de la simulación las siguientes métricas:

- Ocupación de los puentes grúa tipo 1 o en sección 1
- Ocupación de los puentes grúa tipo 2 o en sección 2
- Tiempo promedio de traslado
- Tiempo promedio de espera por los puentes grúa tipo 1
- Tiempo promedio de espera por los puentes gran tipo 2

Las variables mencionadas arrojan los siguientes resultados:

Ocupación puentes grúa Tipo 1

1 3 . 5 9 %

Ocupación puentes grúa Tipo 2

1 4 . 8 6 %

Tiempo promedio de traslado de materia prima

1 . 4 4 HORAS

Tiempo promedio de espera por un puente grúa Tipo 1

2 . 7 4 HORAS

Tiempo promedio de espera por un puente grúa Tipo 2

4 7 . 2 3 MINUTOS

Al conocer estos resultados de la simulación se evidencia al alto tiempo que se espera para ser un usado un puente grúa, ya que, al trasladar materia prima de cualquier tipo de almacén para la máquina que la necesite se puede usar un puente grúa o varios puentes grúas para lograr trasladar la materia prima. Se dividió el análisis de los puentes grúa en secciones debido al desnivel de la planta los puentes grúa no se pueden pasar de secciones. Lo que sí se puede de ser necesario que una referencia que solo está disponible en la bodega en la sección 2 de la planta es necesitada por una maquina en la sección 1, se utilizan los puentes grúa de la sección 2 y en el desnivel se pasa la materia prima del puente grúa de la sección 2 al puente grúa de la sección 1 y sigue su camino hasta la máquina de esta sección.

Por las razones descritas anteriormente se decidió realizar una propuesta de diseño para mejorar el traslado de materiales por medio de segmentar o zonificar el uso de los puentes grúas, es decir, delimitar el uso de los puentes grúa para ciertas bodegas y maquinas, esto se describe mejor en la tabla 24. Esta propuesta de diseño se basa en las mejoras propuestas a través del documento, para que el diseño de materia prima funcione se debe tener en cuenta que las bodegas solo mandan a cierta maquinas.

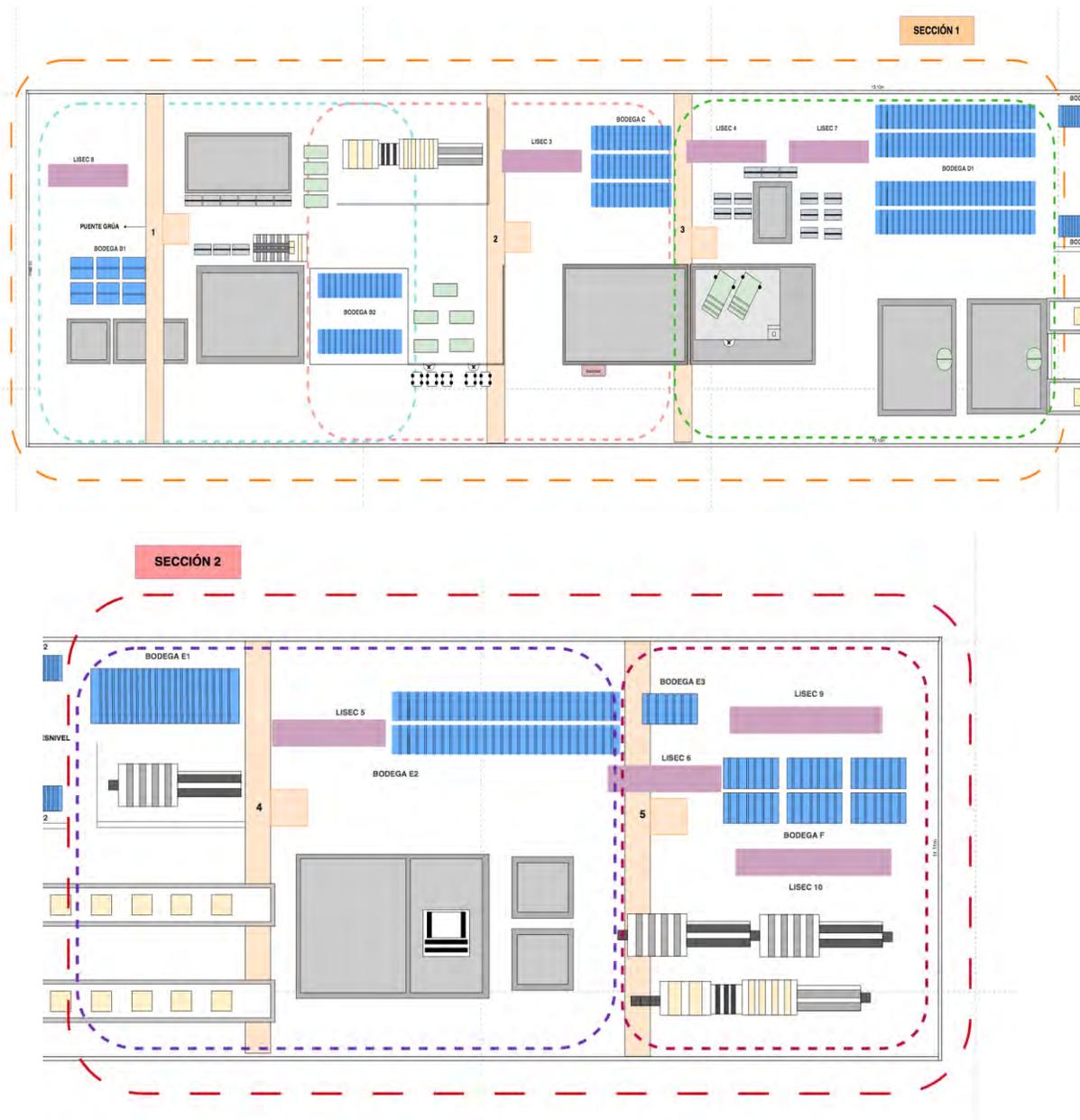
Tabla 23. División puente grúas en secciones

# PUENTE GRÚA	MÁQUINAS A DONDE TRASLADA	BODEGAS DE DONDE TOMA MATERIA PRIMA PARA SERVIR A MÁQUINA	
1	LISEC 8	B1-B2	SECCIÓN 1
2	LISEC 3	B2-C	
3	LISEC 4 - LISEC 7	D1	
4	LISEC 4 - LISEC 7 (hasta desnivel) - LISEC 5	E1-E2	SECCIÓN 2
5	LISEC 6- LISEC 9-LISEC 10	E3 - F	

Esta mejora se hace con el fin de limitar los traslados de los puentes grúa y facilitar su asignación para el traslado de materia prima, disminuyendo recorridos y centrándose en las bodegas y máquinas que se propone. Por ende, siempre se va a seguir este seccionamiento, es decir, el puente grúa 1 se va a centrar en el traslado de B1 y B2 a Lisec 8. Sin embargo, esto no quiere decir que en caso de que se presente una situación excepcional un puente grúa no pueda apoyar a los otros. Lo cual se traduciría entonces en que en caso de que el puente grúa 1 se encuentre ocupado, el puente grúa 2 puede colaborar y realizar el traslado que se necesite, es decir, no es estrictamente la segmentación

A continuación, se muestra lo descrito anteriormente, indicando la zonificación de los puentes grúa.

Figura 11. Segmentación de puente grúas



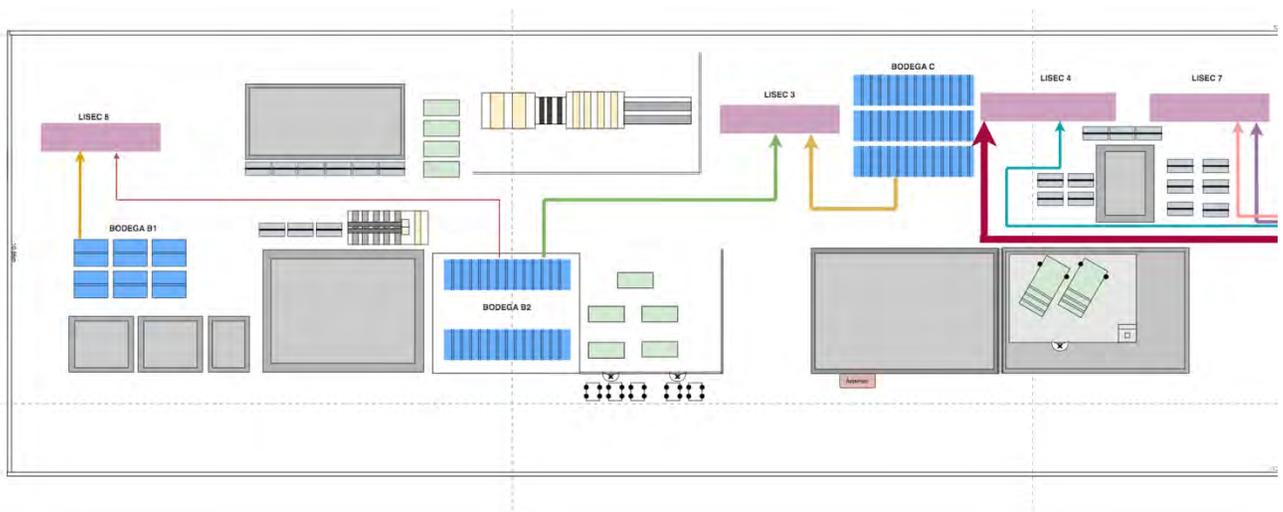
3.2.2 Modelación TO-BE

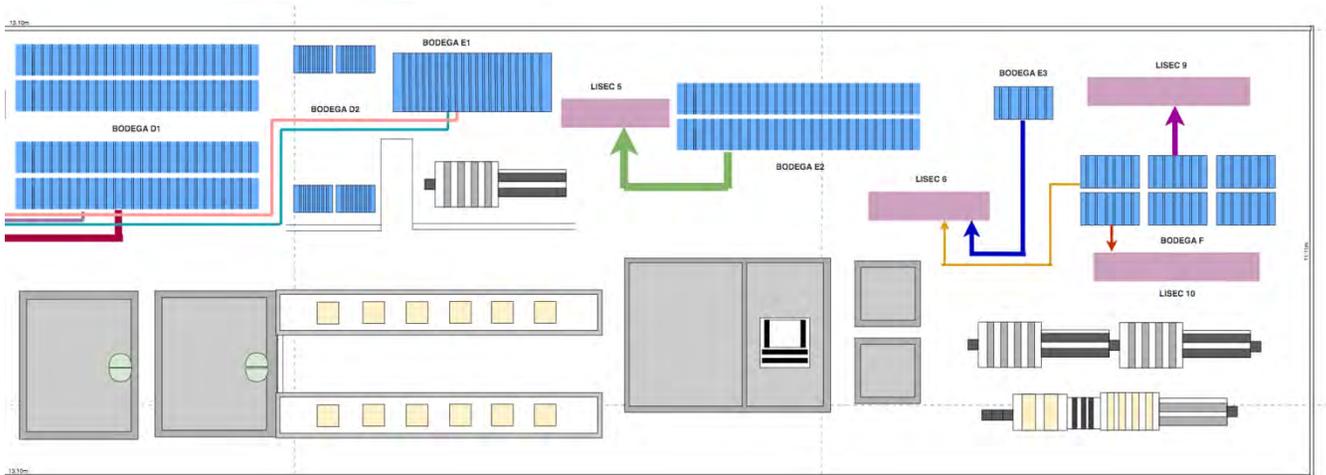
La modelación de los procesos en la lógica del TO-BE hace referencia a presentar las mejoras propuestas que se desean aplicar a la organización interna de la empresa, para tratar de mitigar los problemas mencionados. Específicamente los problemas se relacionan con la asignación actual que utilizan para enviar materia prima a las máquinas procesadoras, al orden de las referencias en los almacenes y al manejo de materiales y su transporte por medio de los puentes grúa. Todos estos elementos se traducen en tiempos, costos y distancias que se buscan mejorar.

Lo que se plantea como el modelo ideal o el que se propone para mejorar la situación actual se resume en lo siguiente:

- a. Asignar bodegas que servirán únicamente a unas máquinas específicas tal como se muestra en detalle en la tabla 6 y como se muestra a continuación:

Figura 12. Planos con asignación bodega-máquina (modelo optimizado)





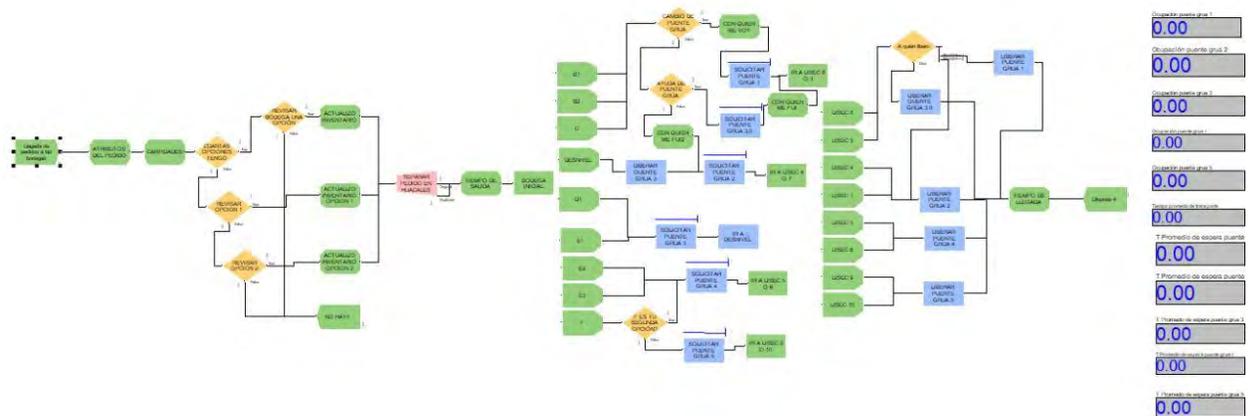
Nota: Esta imagen muestra los planos de la asignación nueva que se propone de acuerdo a los resultados del modelo de asignación y los debidos análisis. Se muestra como las bodegas que se encargan de alimentar las máquinas correspondientes. En el plano se muestra el recorrido de los materiales teniendo en cuenta que las flechas representan la cantidad

- b. Definir qué referencias van al interior de las bodegas con el fin de proporcionar a las máquinas la materia prima, así como asignar la cantidad de cada una de ellas. Esto se puede visualizar en las tablas 15 a la 22.
- c. Definir la segmentación o la división de la planta en zonas específicas para indicar a cada puente grúa el recorrido que debe realizar, de manera que sepa de qué bodegas debe recoger la materia prima y a qué máquinas debe llevarlas. Esto se puede visualizar en la figura 11.

Para representar la propuesta de diseño actual y conocer el alcance de su impacto se hizo uso nuevamente del programa Arena. Los datos de llegadas y la fracción de pedido realizada por cada máquina permaneció constante para no alterar los resultados del modelo. Sin embargo, se realizaron los siguientes cambios como consecuencia de la propuesta realizada por el modelo de asignación:

- Se establecieron para cada máquina de destino dos opciones de bodega donde se podía realizar la búsqueda del pedido, tal y como se propuso en la asignación, de esta manera se asignó a cada pedido únicamente la posibilidad de buscar el dos bodegas, una como primera opción y la otra como segunda opción.
- Se realizó una segmentación de los puentes grúa de manera que se trabajaba el puente grúa 1 y 2 para las máquinas Lisec 8 y Lisec 3, el puente grúa 3 para las máquinas Lisec 4 y Lisec 7, el puente grúa 4 para las máquinas Lisec 5 y Lisec 6, y el puente grúa 5 para las máquinas Lisec 9 y Lisec 10. Esta asignación funciona mediante el monitoreo de entidades en fila por puente grúa, si las entidades en fila por un puente grúa son superiores a 4, entonces el pedido puede ser atendido por el siguiente puente grúa, ya que la asignación es flexible para poder adaptarse a las características de la empresa.

Figura 13. Modelo de simulación de procesos con mejoras a implementar TO-BE



De acuerdo con la simulación planteada se calcularon las siguientes estadísticas:

Ocupación puente grúa 1

3 7 . 2 2

Ocupación puente grúa 2

4 9 . 5 8

Ocupación puente grúa 3

2 2 . 0 0

Ocupación puente grúa 4

2 6 . 3 1

Ocupación puente grúa 5

2 0 . 5 7

Tiempo promedio de transporte

0 . 3 3

T Promedio de espera puente grúa 1

1 . 0 2

T Promedio de espera puente grúa 2

1 . 5 9

T Promedio de espera puente grúa 3

1 . 0 9

T Promedio de espera puente grúa 4

1 . 0 0

T Promedio de espera puente grúa 5

0 . 0 8

De acuerdo con la propuesta realizada, las estadísticas obtenidas arrojan mayor precisión en cuanto a la ocupación de cada puente grúa en por separado, a pesar de que estas no se encuentran distribuidas equitativamente, son capaces de suplir la demanda y reducir tanto el tiempo de espera como el tiempo de transporte, en general, se obtuvo un resultado positivo.

4. CAPÍTULO IV. ACCIONES DE MEJORA

PROPUESTAS Y ANÁLISIS

Para este capítulo referente a las acciones de mejora propuesta, se va a hacer referencia a los objetivos específicos mencionados anteriormente y los resultados obtenidos.

Dado que la problemática macro se resume en las demoras de traslado de materia prima de las bodegas a las máquinas y que esta se deriva a su vez de otras dos causas principales que son la falta de organización en la asignación de bodegas a máquinas y la distribución del stock dentro de las bodegas, fue necesario crear una propuesta de diseño elaborada en varias etapas para que se pudiera solucionar cada una de las problemáticas mencionadas.

Para poder realizar el diseño, fue primero importante caracterizar el esquema actual de almacenamiento de la empresa para poder identificar las oportunidades de mejora, donde se encontró que los tiempos de traslado de material dentro de la planta eran considerablemente altos. Para ello, la empresa suministró cierta información acerca de la organización actual y del proceso de los traslados de los vidrios, los cuales se ilustran en la figura 8, donde se indican los movimientos y se esquematiza con el tamaño de las flechas las cantidades de stock a trasladar. Uno de los factores clave que se ve afectado por la organización actual es la dificultad del traslado de materiales debido a que en la planta se cuenta con un único pasillo destinado para esas tareas, generando así los retrasos mencionados anteriormente. Es por esto que para una primera propuesta de diseño se plantea un modelo de asignación para poder definir la manera óptima en la que las bodegas deben suplir a las máquinas, minimizando las distancias recorridas y por consiguiente los tiempos de traslado. Los resultados obtenidos fueron de alguna manera satisfactorios en primer lugar porque el modelo de asignación propuesto estaba basado en la capacidad de almacenamiento de las bodegas, así como la demanda interna de las máquinas, además, la asignación efectivamente resultó en asignar la

bodega más cercana a la máquina procesadora para que se encargara de enviar la materia prima que debía ser procesada, tal como se ilustra en la figura 12.

Para complementar la propuesta planteada y poder mejorar lo que ya se ha mencionado, se decidió optimizar los espacios de almacenamiento teniendo en cuenta las referencias que tienen mayores índices de procesamiento con respecto al año 2022. Para ello se hizo un segundo modelo de asignación basado en la metodología ABC y de acuerdo al espacio que se tenía disponible, de manera que se utilice en mayor medida aquellas referencias de mayor rotación dentro de la empresa e identificando también aquellas con baja rotación. Esta asignación se puede evidenciar mediante las tablas 15 a 22. Añadido a esto con los resultados obtenidos acerca de qué referencias se procesan en menor medida, se decidió destinar la bodega D2 como bodega de baja rotación (ver tabla 23), es decir, la que es de más difícil acceso. Dentro de esta bodega van a ubicarse las referencias que son procesadas por todas las máquinas, es decir, las de más alta rotación y que pertenecen a la categoría A (ver tabla 6).

Todo lo anteriormente mencionado, se realizó con el principal objetivo de mejorar el flujo del manejo de materiales dentro de la empresa. Sin embargo, para optimizar esto y basado en las asignaciones previas, fue necesario proponer una zonificación de la planta para establecer los recorridos de los puentes grúa, tal como se muestra en la figura 10.

Por otro lado, luego de realizar las simulaciones de ambos escenarios, se realizó una tabla comparativa que se muestra a continuación, para visualizar de manera clara los efectos positivos que tuvo el modelo:

Tabla 24. Análisis comparativo de resultados.

TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS	TO- BE	AS- IS	% DE DISMINUCIÓN
OCIPACIÓN PUENTE GRÚA 1	37,22%	13,59%	
OCIPACIÓN PUENTE GRÚA 2	49,58%	14,86%	
OCIPACIÓN PUENTE GRÚA 3	22%	-	
OCIPACIÓN PUENTE GRÚA 4	26,31%	-	
OCIPACIÓN PUENTE GRÚA 5	20,57%	-	
TIEMPO PROMEDIO DE TRANSPORTE	0,33	1,44	77,08
TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PUENTE GRÚA 1	1,02	2,74	55,11
TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PUENTE GRÚA 2	1,59	0,78	30,77
TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PUENTE GRÚA 3	1,09	-	
TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PUENTE GRÚA 4	1	-	
TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA PUENTE GRÚA 5	0,08	-	

De lo anterior podemos inferir que se presentó una disminución significativa de los tiempos tanto de espera como de transporte, esto se calculó utilizando los tiempos de los puentes grúa de modelos AS-IS, que son cinco en total, pero divididos en dos tipos, de acuerdo a la segmentación inicial. Para obtener los promedios del modelo TO-BE, se realizó un promedio basado en las mismas segmentaciones, pero ya conociendo los tiempos individuales de cada uno, y se obtuvo una disminución del 55,11% y 30,77% respectivamente. En cuanto a la ocupación de los puentes grúa, esta presentó un incremento general, indicando una maximización de su ocupación.

Recomendaciones para la aplicación del diseño en la compañía:

- El diseño del stock de cada bodega se basa en la producción semanal de las referencias que más se procesan en la compañía, considerando que cada domingo basado en la información brindada de la planeación semanal de producción se realiza el reabastecimiento de las bodegas con lo que cada máquina va a procesar de referencias especiales y con las referencias que hagan falta necesarias.
- El fin del diseño propuesto es asegurar una constante rotación del material dentro de las bodegas y asegurar que el espacio utilizado por los inventarios sea procesado.
- Se recomienda una activa comunicación entre departamentos de la compañía, que estén en directa relación con el proceso productivo, planeación y ejecución. Para que el diseño se implemente de manera efectiva y se pueda conocer los movimientos y referencias necesarias que se deben tener en bodega para no retrasar el proceso productivo.

- Buscar alguna herramienta o método más sencillo para el traslado de los materiales en la sección del desnivel en la planta, para no tomar dos puentes grúa para esa tarea
- Retirar de las bodegas de almacenamiento aquellas referencias que no se procesan debido a que están ocupando espacio innecesariamente y que puede ser utilizado por referencias de alta rotación
- Intentar mantener lo más despejados posibles los pasillos por donde se realiza la circulación de la planta porque esto impide el correcto desplazamiento de la maquinaria, los recursos y operarios
- En caso de que la empresa analizada continúe creciendo aceleradamente, no realizar la organización de los almacenes de materia prima de manera segmentada
- Realizar la distribución del stock desde un comienzo de manera óptima y organizada para facilitar el flujo de manejo de materiales

5. CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL DISEÑO PROPUESTO

Para poder soportar la viabilidad del diseño propuesto se deben realizar los análisis de factibilidad de evaluación técnica y financiera los cuales se van a explicar a continuación:

5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

La evaluación técnica consiste en enunciar y calcular los aspectos técnico operativos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de las mejoras propuestas en el proyecto, evaluando los costos, recursos, presupuesto, viabilidad, entre otros elementos.

Dentro de los requisitos técnicos que son necesarios para llevar a cabo las mejoras, es de vital importancia destinar un lapso de tiempo. Puesto que, se deben retirar todas las referencias de las bodegas y organizar nuevamente según el diseño propuesto, identificando y sacando las referencias que irán a bodegas exteriores y también referencias que se deben ingresar a la planta. Por ende, dentro del lapso no se podrá producir en las máquinas de estudio al ritmo acostumbrado por la falta de materia prima dentro de las bodegas, lo que se podrá producir es la cantidad previamente sacada de las bodegas y aquellas que estén ubicadas en burros cerca de cada máquina, con el fin de no parar por completo la producción. Además, de destinar el espacio de tiempo, se enumerarán los demás requisitos vitales para la implementación del diseño de mejoras:

- Es necesario la disponibilidad y uso de los 5 puentes grúa disponibles, como único medio para realizar los movimientos de los materiales.
- Se debe contar con un mínimo de camiones para trasladar las referencias que se retiran de la planta para los almacenes aledaños.

- Disponer de ocho contenedores para poder realizar la rotación del inventario actual y ubicar las referencias según la asignación propuesta.
- Contar con personal especializado técnico que se encarguen de la operación de movimiento de los puentes grúa, con cinco técnicos cada turno de trabajo, puesto que, la operación se planea realizar durante un día.
- Contar con el apoyo de los trabajadores que realizan los turnos el día domingo, que es el día escogido para realizar la operación, puesto que es el que cuenta con menor movimiento dentro de la planta.
- Además, se debe contar con el apoyo del equipo, asistiendo a charlas técnicas donde se explicarán los cambios que se realizarán, las pautas a seguir y técnicas a emplear.

Técnicamente para la realización de las mejoras dentro de la planta se programará un domingo, luego de conciliar con la compañía y los departamentos involucrados con la planificación y ejecución del proceso productivo. Esto con el propósito de coordinar de manera correcta la operación, teniendo en cuenta las sugerencias de los jefes de las áreas. Todo esto para realizar de la mejor manera la transición de los cambios de referencia y de las diferentes asignaciones.

Los riesgos técnicos que se podrían presentar dentro de la operación es una pérdida de electricidad, donde se atrasaría la operación, También, realizar revisiones y mantenimientos preventivos a los puentes grúa para que el día designado no se presente ningún inconveniente de falla. Contar con personal de apoyo que esté disponibles por si algún trabajador de turno se encuentra enfermo y/o incapacitado.

Para analizar los costos que esta operación implicaría, se decidió tomar lo procesado en un día completo, y sacar la pérdida que tendría la empresa por no producir

dicho día. Del análisis realizado se concluyó que, al aplicar las propuestas planteadas, se generaría un costo para la empresa, debido a que ésta no entregaría lo producido en ese día, y, por ende, dejaría de vender esas laminas en ese periodo de tiempo.

Primeramente, se debe conocer en promedio lo que se produciría un domingo en la compañía, para ello basado en la información brindada por esta, se procede a realizar los cálculos. Para un domingo en la compañía, en total con las 8 máquinas procesando, se trabaja aproximadamente en 164 guacales. Para realizar más precisos los cálculos se tomó una orden de trabajo de un día cualquiera de los meses pasados, para tener exactamente las referencias y cantidad.

Teniendo en cuenta la siguiente orden de procesamiento que se muestra, los cálculos se basan en cada referencia y en promedio en porcentaje que la empresa genera en ingreso por cada guacal que es aproximadamente el 12%.

Tabla 25. Orden materia prima procesar

REFERENCIA	# GUACALES
GRIS 5MM	15
INCOLORO 10MM	7
SOLARBAN R100VT 8MM	11
SOLARBAN R100VT 6MM	13
INCOLORO 8MM	5
SOLARBAN 60VTII INC	16
BRONCE 4MM	9
INCOLORO 6MM	20
SB70C CLEAR VII 4MM	4
LOW-E N31/18 6MM CLEAR	6
LOW-E NT 52/22 6MM CLEAR	9
LOW-E N40/22 6MM CLEAR	11
SB70 CLEAR 8MM	12
SB70 CLEAR VTII 8MM	14
SB70 II CLEAR 12MM	4
ACUITY SOLARBAN 72VT 6MM	3
ACUITY 6MM	5

Teniendo en cuenta los costos de la materia prima que se mostró anteriormente, de cada guacal, los costos de operación y el porcentaje de ganancias, lo que genera la compañía es aproximadamente 90 millones de pesos.

Teniendo en cuenta el peor de los escenarios que la compañía perdiera un día de producción y no se pudiera vender o entregar luego, el costo de realizar el proyecto es costoso. Pero como se plantea anteriormente el plan es no dejar de producir durante el día, pero si procesar menor cantidad y referencias que sean urgente para entrega y no se haya podido procesar con anterioridad. Estos costos se pueden reducir ya que, la compañía es la que genera el plazo de entrega con el cliente, se puede organizar el plan de producción para que los pedidos con menor tiempo de entrega se procesen antes. Así también, si se hablan de los costos de los recursos a empelar, son relativamente pocos ya que, los empleados, puente grúa, camiones, son propios de la compañía y ya se pagan por ellos. Para el alquiler de los contenedores los precios en Colombia varían entre 400.000 y 650.000 pesos el alquiler de 1 día.

Teniendo en cuenta lo planteado dentro del análisis técnico de la implementación de las mejoras dentro de la planta, se podría decir que es viable técnicamente, puesto que, se realiza con recursos de la empresa y con tecnología interna. Lo que se debe tener muy presente es que se debe organizar detalladamente el flujo de la salida de referencias, tener claro qué referencias van a cada bodega, en qué cantidad y en el caso que se necesite programar las referencias que hacen falta para complementar el diseño propuesto.

5.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

Como es sabido, el análisis financiero consiste en evaluar la viabilidad financiera de un proyecto, para poder establecer si se puede considerar factible económicamente. Para ello se tiene en cuenta el elemento clave principal que es la:

- Estimación de costos:

Se realiza la estimación de los costos resultantes de la implementación del proyecto. En este caso se va a realizar la estimación de los costos con respecto al consumo energético por parte de los puentes grúas en sus traslados por dentro de la planta. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Costo del } \frac{kW}{\text{hora}} = 1 \frac{kW}{\text{hora}} = \$510$$

$$\text{Consumo en kW de un puente grúa} = 15 \frac{kW}{\text{hora}}$$

Distancia del recorrido = depende de la bodega de inicio y la máquina de destino

$$\text{Velocidad del puente grúa} = 500 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}}$$

Tiempo = calculado a partir de la velocidad y la distancia del recorrido

Teniendo en cuenta estos datos, se va a ejemplificar con un caso de orden de pedido, para retratar la situación actual y compararla con la situación que se genera a partir del modelo de diseño propuesto.

El ejemplo que se va a tomar es representando la situación actual donde las bodegas B1 y D2 envían materia prima a la máquina Lisec 6, para ello los datos serían los siguientes:

$$\text{Costo del } \frac{kW}{\text{hora}} = 1 \frac{kW}{\text{hora}} = \$510$$

$$\text{Consumo en kW de un puente grúa} = 15 \frac{kW}{\text{hora}}$$

$$\text{Distancia del recorrido de B1 a Lisec 6} = 443,01 \text{ metros}$$

$$\text{Distancia del recorrido de D2 a Lisec 6} = 157,12 \text{ metros}$$

$$\text{Velocidad del puente grúa} = 500 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}}$$

Se calcula el tiempo de viaje en horas desde ambas bodegas B1 y D2:

Bodega B1

$$V = \frac{d}{t}$$

$$t = \frac{d}{V}$$

$$t_{B1} = \frac{443,01 \text{ metros}}{500 \text{ metros /segundo}}$$

$$t_{B1} = 0,8862 \text{ horas}$$

Bodega D2

$$t_{D2} = \frac{157,12 \text{ metros}}{500 \text{ metros /segundo}}$$

$$t_{D2} = 0,31424 \text{ horas}$$

Con el dato del tiempo que se utiliza para cada viaje, se calcula el tiempo de 3 viajes realizados desde las bodegas hasta la máquina, debido a que por cada viaje realizado se transporta un huacal el cual agrupa 10 láminas de vidrio y en promedio por pedido se solicitan 30 láminas de vidrio, por ende, 3 viajes.

Bodega B1

$$1 \text{ viaje} \rightarrow 0,88602 \text{ horas}$$

$$3 \text{ viajes} \rightarrow 2,65806 \text{ horas} \cong 3 \text{ horas}$$

Bodega D2

$$1 \text{ viaje} \rightarrow 0,31424 \text{ horas}$$

$$3 \text{ viajes} \rightarrow 0,9427 \text{ horas} \cong 1 \text{ hora}$$

El puente grúa viajando de B1 a Lisec 6 se tarda un aproximado de tres horas en los 3 viajes y viajando de D2 a Lisec 6 se tarda una hora.

Luego se calcula cuánto consume de energía el puente grúa en esas horas de viaje por cada bodega:

Bodega B1

$$15 \frac{kW}{hora} * 3 \text{ horas} = 45 \frac{kW}{hora}$$

Bodega D2

$$15 \frac{kW}{hora} * 1 \text{ hora} = 15 \frac{kW}{hora}$$

Para finalmente calcular cuánto es el costo en pesos COP de esos tres viajes realizados por un solo puente grúa en un día de operación.

Bodega B1

$$1 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$510$$

$$45 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$X$$

$$X = \frac{\frac{45 kW}{hora} * \$510}{\frac{1 kW}{hora}}$$

$$X = \$22.950$$

Bodega D2

$$1 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$510$$

$$15 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$X$$

$$X = \frac{\frac{15 kW}{hora} * \$510}{\frac{1 kW}{hora}}$$

$$X = \$7.650$$

Por otro lado, se realizó el mismo procedimiento, pero ahora teniendo en cuenta que la máquina Lisec 6 recibe materia prima desde las bodegas E (3) y F (9).

$$\text{Costo del } \frac{kW}{hora} = 1 \frac{kW}{hora} = \$510$$

$$\text{Consumo en kW de un puente grúa} = 15 \frac{kW}{hora}$$

$$\text{Distancia del recorrido de E3 a Lisec 6} = 57 \text{ metros}$$

$$\text{Distancia del recorrido de F a Lisec 6} = 91,39 \text{ metros}$$

$$\text{Velocidad del puente grúa} = 500 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}}$$

Se calcula el tiempo de viaje en horas desde ambas bodegas E3 y F:

Bodega E3

$$V = \frac{d}{t}$$

$$t = \frac{d}{V}$$

$$t_{E3} = \frac{57 \text{ metros}}{500 \text{ metros /segundo}}$$

$$t_{E3} = 0,114 \text{ horas}$$

Bodega F

$$V = \frac{d}{t}$$

$$t = \frac{d}{V}$$

$$t_F = \frac{91,39 \text{ metros}}{500 \text{ metros /segundo}}$$

$$t_F = 0,18278 \text{ horas}$$

Con el dato del tiempo que se utiliza para cada viaje, se calcula el tiempo de 3 viajes:

Bodega E3

1 viaje → 0,114 horas

3 viajes → 0,342 horas

Bodega F

$$1 \text{ viaje} \rightarrow 0,18278 \text{ horas}$$

$$3 \text{ viajes} \rightarrow 0,54834 \text{ horas}$$

Luego se calcula cuánto consume de energía el puente grúa en esas horas de viaje por cada bodega:

Bodega E3

$$15 \frac{kW}{hora} * 0,342 \text{ hora} = 5,13 \frac{kW}{hora}$$

Bodega F

$$15 \frac{kW}{hora} * 0,54834 \text{ hora} = 8,2251 \frac{kW}{hora}$$

Para finalmente calcular cuánto es el costo en pesos COP de los viajes de bodegas a máquinas realizados en la operación.

Bodega E3

$$1 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$510$$

$$5,13 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$X$$

$$X = \frac{5,13 \frac{kW}{hora} * \$510}{1 \frac{kW}{hora}}$$

$$X = \$2.616$$

Bodega F

$$1 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$510$$

$$8,2251 \frac{kW}{hora} \rightarrow \$X$$

$$X = \frac{\frac{8,2251 kW}{hora} * \$510}{\frac{1 kW}{hora}}$$

$$X = \$4.194$$

Teniendo en cuenta los resultados presentados acerca de los costos que se generan por los viajes realizados por los puentes grúa, se logra identificar una mejoría al hacer las operaciones con la asignación propuesta por el modelo diseñado, específicamente debido a que se minimizaron las distancias recorridas y por ende se disminuyen los costos.

Los resultados obtenidos se pueden resumir de la siguiente manera:

Tabla 26. Comparación costos por viaje

Bodega/situación	Actual	Propuesta o nueva
B1	\$ 22.950	
D2	\$ 7.650	
E3		\$ 2.616
F		\$ 4.194
Total	\$ 30.600	\$ 6.810

Luego se puede calcular el porcentaje de disminución de los costos:

$$\$30.600 \rightarrow 100\%$$

$$\$6.810 \rightarrow X\%$$

$$X\% = \frac{\$6.810 * 100\%}{\$30.600}$$

$$X = 22,25\%$$

$$\text{Reducción porcentual} = 77,75\%$$

Por ende, es posible confirmar que el proyecto propuesto es viable económicamente para la empresa, debido a que traería beneficios económicos a la misma, debido a la reducción de sus costos de viaje y transporte de materiales, por la reducción de la distancia recorrida y la mejora en el flujo de materiales.

CONCLUSIONES DEL PROYECTO

El proyecto de grado presentado se enfocó en una propuesta de diseño basada en un modelo de asignación con la finalidad de intentar solucionar una de las problemáticas más importantes que se encontraron dentro de la empresa analizada, la cual estaba asociada a la falta de organización interna de la misma en términos de la materia prima y de cómo esto influía negativamente en el proceso productivo de la empresa, de manera que aumentaba sus costos de producción y de manejo de materiales. Para poder realizar un trabajo sustentado, se realizó lo que se conoce como la modelación AS-IS y TO-BE para las propuestas planteadas, lo cual significa que se ilustra primeramente la situación actual de la empresa y luego se presenta cómo quedaría y qué resultados o beneficios tendría para la empresa la implementación de las propuestas. Para ello se plantearon como propuestas dos modelos de asignación, siendo el primero de ellos utilizado para definir y designar las bodegas que debían suministrar con materia prima a las máquinas procesadoras y en qué cantidad de cada referencia. Una vez planteado esto, internamente dentro de cada bodega se realizó un modelo con base en la metodología ABC para determinar aquellas referencias que se pueden considerar de alta rotación y clasificar las demás en las otras categorías. Añadido a esto este modelo sirvió para establecer una bodega como bodega de baja rotación (la cual es la de más difícil acceso) y como bodega de emergencia para almacenar aquellas referencias que no son procesadas con tanta frecuencia. También en esta bodega se van a almacenar algunos de los tipos de referencias que son procesadas por todas las máquinas. Por otro lado, se realizó una simulación por medio del programa Arena para poder comparar la situación actual de la empresa esquematizando el funcionamiento de sus operaciones y el flujo de materiales, basado en las ordenes de pedido. Luego se hizo una propuesta donde se modelaba la propuesta del modelo de asignación (bodegas a máquinas) junto con una zonificación de la planta para

segmentar los recorridos de los puentes grúa (que son los recursos encargados del movimiento de las láminas).

Gracias a lo realizado en este escrito, se puede decir que, en caso de que la empresa decida implementar lo propuesto, va a favorecer a su proceso productivo actual y va a tener una reducción significativa de sus costos de manejo de materiales. Esto se debe principalmente a que como se tenía el objetivo de minimizar distancias y estas a su vez se traducían en costos, al hacer que los viajes de traslado de materiales fueran más cortos, el costo de esto también disminuyó. Asimismo, una correcta organización de la materia prima al interior de los almacenes contribuye a que los tiempos tanto de búsqueda de materiales como de traslado disminuyan. Añadido a esto, la bodega que fue designada como bodega de emergencia permite almacenar aquellas referencias que no son procesadas frecuentemente y así evita que ocupen espacios importantes en las otras bodegas, espacios que pueden ser utilizados por otras referencias que más demandan las máquinas.

Con respecto al tema de la zonificación de la planta y el movimiento de los puentes grúas, se contribuye a una mejor organización por parte de los viajes de materiales, haciendo que cada uno esté designado a zonas específicas, sin embargo, en caso de necesidad pueden acudir a otras zonas para no retrasar la producción.

De cada una de las propuestas realizadas se presentaron una serie de resultados importantes. De la primera asignación bodega-máquina, se encontró que la organización más eficiente para determinar las bodegas encargadas de suministrar a las máquinas correspondientes era la de asignar las bodegas más cercanas a las máquinas, es decir, se tuvo en cuenta la métrica de la distancia recorrida y añadido a esto se obtuvo la cantidad de materia prima que se debía enviar de cada bodega a cada máquina (ver tabla 6 y figura 12). Con respecto a los resultados obtenidos por la metodología ABC, se lograron clasificar todas las referencias por máquina en categorías A, B y C, de manera que las C eran las que no se

procesaban. Con esto también se logró determinar una bodega de emergencia y de baja rotación, para las referencias menos comunes. (ver tabla de la 15-23).

Por último, con respecto a los resultados obtenidos con el tema del manejo de materiales y del movimiento de los puentes grúa, efectivamente la propuesta planteada de dividir en secciones el funcionamiento de los recursos, sirvió para delimitar las zonas y las bodegas de las cuales debían remover la materia prima para enviarla a las máquinas (ver figura 11) y además permitió identificar que esa segmentación de la planta no debía ser del todo estricta. Esto quiere decir que, si el puente grúa número 1 está ocupado y el número 2 está libre, a pesar de que la materia prima que necesita ser transportada se encuentra en la zona de operación del puente grúa 1, el número 2 puede tomarse la libertad de realizar esa tarea para no retrasar el proceso productivo.

Estos resultados obtenidos fueron evaluados luego por los estudios técnico-económicos para poder comprobar que el proyecto propuesto es realmente viable y factible para la compañía. Con respecto al estudio técnico, el hecho de realizar un modelo de asignación de la materia prima en otras bodegas diferentes a las actuales se debe tener en cuenta que hay que remover las referencias para poder realizar esa organización propuesta para lo cual se requiere de disponibilidad de recursos como puente grúas y operarios, así como unos lapsos de tiempo donde no se va a producir al mismo ritmo de siempre. Además, se necesita contar con camiones para poder transportar la materia prima que se debe ubicar en otros almacenes de plantas vecinas, disponer de unos ocho contenedores para rotar el inventario que se tiene actualmente y contar con el apoyo de todo el equipo principalmente de operación. Todo esto teniendo en cuenta que a pesar de que los niveles de producción no podrán ser los mismos mientras se esté implementando la mejora, es un riesgo que se debe tomar para que en operaciones futuras el funcionamiento de la empresa sea más eficiente. Cabe destacar igualmente que el día escogido para realizar las mejoras propuestas sería un domingo debido a que es el día con menos movimiento en la planta, lo cual contribuye a

coordinar mejor las operaciones y lograr de mejor manera los cambios de ubicación de las referencias seleccionadas. Al realizar esto se están incurriendo en costos por el paro de la producción de manera continua, tal como se mencionó anteriormente.

Para el estudio financiero se obtienen resultados satisfactorios teniendo en cuenta que se calcula los costos de los viajes en términos de distancias recorridas y el consumo de energía por parte de los puentes grúas. De esta manera al realizar una comparación de los costos generados por los viajes con la asignación actual, se observa una mejoría con respecto a los costos de los viajes con la asignación propuesta. Específicamente esto se ilustró correctamente en un ejemplo, cuando se calculó el costo de los viajes desde las bodegas B1 y D2 (asignación actual) y E3 y F (asignación propuesta) hasta la máquina Lisec 6. Los costos de viaje se redujeron en un 77,75% de acuerdo a la tabla 26. Por ende, es posible decir que el proyecto tiene viabilidad económica con respecto a la reducción de los costos de viaje.

En cuanto a los alcances y limitaciones, se realizaron cambios con respecto a las expectativas iniciales, debido a que para obtener mejores resultados se decidió enfocar el proyecto en una sola de las plantas, esto debido a la incertidumbre existente acerca de las condiciones a largo plazo de las otras plantas aledañas, ya que no resultaría viable trabajar sobre dichas condiciones con el previo conocimiento de que no se mantendrán a largo plazo, afectando posiblemente el funcionamiento del diseño. La principal causa de esta incertidumbre es la apertura de una nueva planta procesadora que aún no se ha puesto del todo en funcionamiento, dicha variable se sale de nuestro control y por lo tanto representa una limitación. Por lo anterior, el alcance de nuestro proyecto se limita al diseño de una asignación eficiente para realizar traslados de materia prima desde las bodegas hasta las máquinas, teniendo en cuenta los costos y las implicaciones temporales en las que incurriría la implementación del diseño.

De acuerdo con lo discutido anteriormente, se plantea como trabajo futuro la optimización de las tres plantas en conjunto, y la asignación bodega máquina de la planta

nueva, una vez se estandarice su producción y se establezcan procedimientos de manejo de materiales. Otro aspecto de interés para la propuesta de futuras mejoras es el transporte entre las diferentes plantas, que puede optimizarse con un diseño y herramientas adecuadas, pero que requiere de una mayor inversión y tiempo para llevar a cabo.

REFERENCIAS

ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Estrategia, planeación y operación Quinta edición REVISIÓN TÉCNICA. Chopra S, Meindl P, Salas R, Elmer J, Murrieta M, Porras E, Montúfar Benítez M,

Almacenes Inteligentes Automáticos human - aries - inovative solutions. Aries. (2020, October 20). Retrieved March 1, 2023, from <https://ariesglass.es/almacenes-inteligentes-automaticos-humam/>

Ballou, R. H. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro. Pearson Educación.

BALLOU, R. H. (2004). LOGWARE: SELECCIONA LOS PROGRAMAS DE ORDENADOR PARA LA LOGÍSTICA Y PLANIFICACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO (5th ed.).

Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2019). WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE. Georgia Institute of Technology. <https://www.warehouse-science.com/book/index.html>

Caicedo Arias, J., Echeverry Soto, M., Cardona Melo, J., & Asesor Tesis. (n.d.). Creación y prueba de un sistema de gestión de almacenes orientado a las mipymes para el mejoramiento de su productividad en bodega. Universidad Icesi.

Duque Jaramillo, J.C., Cuellar Molina, M. and Cogollo Flórez, J.M. (2020) “Slotting y picking: Una Revisión de Metodologías y Tendencias,” Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 28(3), pp. 514–527. Available at: <https://doi.org/10.4067/s0718-33052020000300514>.

Flamarique, S. (2018). Métodos de almacenamiento y gestión de las existencias. Cargoflores.com. https://www.cargoflores.com/wp-content/uploads/2018/07/1-M%C3%A9todos-almacenamiento-y-gestion-de-existencias_Cargo-Flores.pdf

Galindo, L. V., Aliaga, Z. L., Díaz, C. B., & Anduja, A. P. (julio-diciembre de 2017). SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DE INVENTARIO EN LA EMPRESA MUNICIPAL DE COMERCIO MAJIBACOA, LAS TUNAS. RITI Journal, 5(10), 78-85. Retrieved 13 de November de 2021, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7107433>

Jackson, I. (2022). Automl approach to stock keeping units segmentation. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 17(4), 1512–1528. <https://doi.org/10.3390/jtaer17040076>

Lee, C.K.M. et al. (2017) “Design and application of internet of things-based Warehouse Management System for Smart Logistics,” International Journal of Production Research, 56(8), pp. 2753–2768. Available at: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592>.

NOSSA RIVERA, Y. L., & RAMIREZ ARIAS, N. F. (2015). PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN LA EMPRESA SIGN SUPPLY S.A.S. FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES. <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/474/NossaRiveraYadiLizeth%20.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Quintero Arias, X. (15AD). Colombia se destaca por la fabricación de vidrio. <https://Acvicol.Com/>. Retrieved from <https://acvicol.com/blogs/noticias/colombia-se-destaca-por-la-fabricacion-de-vidrio>.

Sesma Gutiérrez, C. (2019). Problemas de Asignación Generalizada: modelización, aplicaciones lógicas y métodos de solución [Thesis]. Universidad de Valladolid. <https://core.ac.uk/works/46505546>

Silva, A., Roodbergen, K. J., Coelho, L. C., & Darvish, M. (2021). Estimating optimal ABC zone sizes in manual warehouses. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15357.28645>.

Sistema de Almacenamiento de Vidrio Con Desplazamiento Manual. Anlagen zur Flachglasbearbeitung | HEGLA GmbH & Co. KG | Beverungen. (n.d.). Retrieved March 1, 2023, from <https://www.hegla.com/es/productos/sistema-de-almacenamiento-de-vidrio/sistema-de-almacenamiento-de-vidrio-con-desplazamiento-manual/>

Suczhañay Calle, R. V. (2022). Propuesta metodológica para la implementación de un sistema de gestión de almacenes. Universidad Del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11829/1/17356.pdf>

Sucupira, C. (2004, enero 31). Gestão de depósitos e centros de distribuição a través dos softwares WMS. Retrieved from CEZAR SUCUPIRA: <http://www.cezarsucupira.com.br/artigos111.htm>

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). Facilities Planning (4th ed.). John Wiley & Sons.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial Ortiz T, Janina J. (<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15974/1/UPS-GT002240.pdf>)

Vetrotec Soluciones para El Vidrio, S.L. (2019, December 5). Vetrotec, especialista en almacenes inteligentes. Interempresas. Retrieved March 2, 2023, from <https://www.interempresas.net/Vidrio-plano/Articulos/260701-Vetrotec-especialista-en-almacenes-inteligentes.html>

VIVAS BALLESTEROS, R. (2014). DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO EN LA EMPRESA E.P.I. S.A.S. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE*.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6768/T04977.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Warehouse reshuffling: Insights and optimization Pazour J, Carlo H. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* (2015) 73 207-226

ANEXOS

ANEXO 1

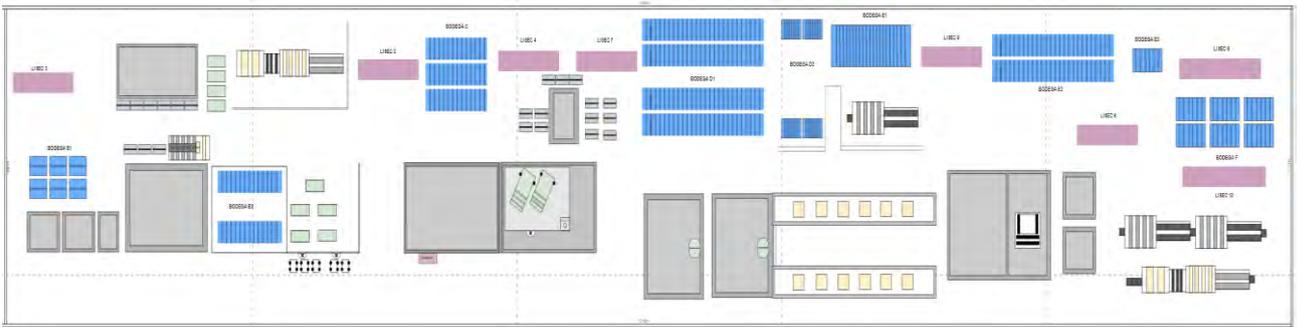
Color	Espesor
ACUITY	6
ACUITY	10
AZUL ARTICO	6
AZUL ARTICO	10
AZURIA	4
AZURIA	5
AZURIA	6
AZURIA	8
AZURIA SOLAR COOL	6
BLUE GREEN	6
BLUE GREEN	10
BRONCE	3
BRONCE	4
BRONCE	5
BRONCE	6
BRONCE	8
BRONCE	10
BRONCE	12
BRONCE SOLAR COOL	5
BRONCE SOLAR COOL	6
COOL LITE KBT 140	6
COOL LITE KNT 140 INCOLORO	6
COOL LITE KNT 155 INCOLORO	4
COOL LITE KNT 155 INCOLORO	6
COOL LITE SKN 154 INCOLORO	4
COOL LITE SKN 165 II INCOLORO	10
COOL LITE SKN 176 II	10
COOL LITE ST 120 GRIS	4
COOL LITE ST 120 GRIS	6
COOL LITE ST 136 GRIS	6
COOL LITE ST 150 GRIS	4
COOL LITE ST 150 GRIS	6
COOL LITE ST 167 GRIS NEUTRO	6
COOL LITE ST 450 VERDE	6
COOL LITE STB 120 AZUL	4
COOL LITE STB 420	4
CRYSTAL GRAY	6
DIAMANT	8

Color	Espesor
DIAMANT	10
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR	3
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR	4
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR	6
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR	8
ENERGY ADVANTAGE LOW-E CLEAR	10
EVERGREEN ECLIPSE ADVANTAGE	6
EXTRA-CLEAR	10
GRAPHITE BLUE	6
GRIS	3
GRIS	4
GRIS	5
GRIS	6
GRIS	8
GRIS	10
GRIS	12
GRIS SOLAR COOL	4
GRIS SOLAR COOL	6
INCOLORO	3
INCOLORO	4
INCOLORO	5
INCOLORO	6
INCOLORO	8
INCOLORO	10
INCOLORO	12
INCOLORO	15
INCOLORO ECLIPSE ADVANTAGE	6
KS138 II	6
MASTER SOFT	6
NEUTRAL 40 INCOLORO	10
OPTI GREY	6
OPTI GREY	8
OPTI GREY	10
OPTI WHITE	4
OPTI WHITE	5
OPTI WHITE	6
OPTI WHITE	8

Color	Espesor
OPTI WHITE	10
OPTI WHITE	12
OPTI WHITE	15
OPTI WHITE	19
OPTIBLUE	6
OPTIBLUE	8
PACIFICA	6
PACIFICA SOLAR COOL	6
PACIFICA VISTA COOL	6
PATTERN P516	3
PATTERN P516	5
PATTERN P516	6
PLANITHERM 1.3	3
SB70 CLEAR	5
SB70 VT2 CLEAR VTII	3
SB70 VT2 CLEAR VTII	4
SB70 VT2 CLEAR VTII	5
SB70 VT2 CLEAR VTII	6
SB70 VT2 CLEAR VTII	8
SB70C VT2 STARPHIRE	6
SOLAR BLUE	6
SOLARBAN 60 VT AZURIA	6
SOLARBAN 60 VT GRIS	6
SOLARBAN 60 VT STARPHIRE	6
SOLARBAN 60 VTII	3
SOLARBAN 60 VTII	5
SOLARBAN 60 VTII	6
SOLARBAN 70XL VT CLEAR	5
SOLARBAN 70XL VT CLEAR	6
SOLARBAN 72 STARPHIRE VT	6
SOLARBAN 72VT ACUITY	6
SOLARBAN 90 VTII CLEAR	6
SOLARBAN R-100 INCOLORO VTII	6
SOLARBAN R77 ACUITY VT	6
SOLARBAN R77 CLEAR	6
SOLARBAN R77 STARPHIRE	6
SOLARBAN Z-75 OPTIBLUE VT	6
SOLARBAN Z-75 OPTIBLUE VT	8
SOLARBLUE SOLAR COOL	6
SOLAR-E BLUEGREEN	6
SOLARGREEN ATLANTICA	6

Color	Espesor
SOLEX	3
SOLEX	4
SOLEX	5
SOLEX	6
STARPHIRE	6
STARPHIRE	10
STARPHIRE	16
SUPER GREY	6
TEC 250	3
TEC 70	3
TG LOW-E N40/22 CLEAR	6
TG LOW-E N48/25 CLEAR	6
TG LOW-E N70/38 CLEAR	3
TG LOW-E N70/38 II CLEAR	3
TG LOW-E N70/38 II CLEAR	4
TG LOW-E N70/38 II CLEAR	5
TG LOW-E N70/38 II CLEAR	6
TG LOW-E N70/38 II OPTIBLUE	6
TG LOW-E N76/60 II CLEAR	6
TG LOW-E N76/60 II CLEAR	10
TG LOW-E R36/23 II CLEAR	3
TG LOW-E R36/23 II CLEAR	6
TG LOW-E R43/28 II CLEAR	3
TG LOW-E R43/28 II CLEAR	6
TG LOW-E R43/28 II CLEAR	8
TG LOW-E R47/31 II CLEAR	6
TG LOW-E R47/31 II CLEAR	8
TG LOW-E R53/33 II CLEAR	6
TG LOW-E R59/37 CLEAR	6
VERDE	3
VERDE	4
VERDE	5
VERDE	6

Nota: La tabla muestra todas las referencias de las unidades en stock que se manejan dentro de la empresa.



Nota: La imagen muestra el plano de la empresa en el cual se señalan las máquinas procesadoras en color rosado y las bodegas de almacenamiento de la materia prima en color azul.

ANEXO 3

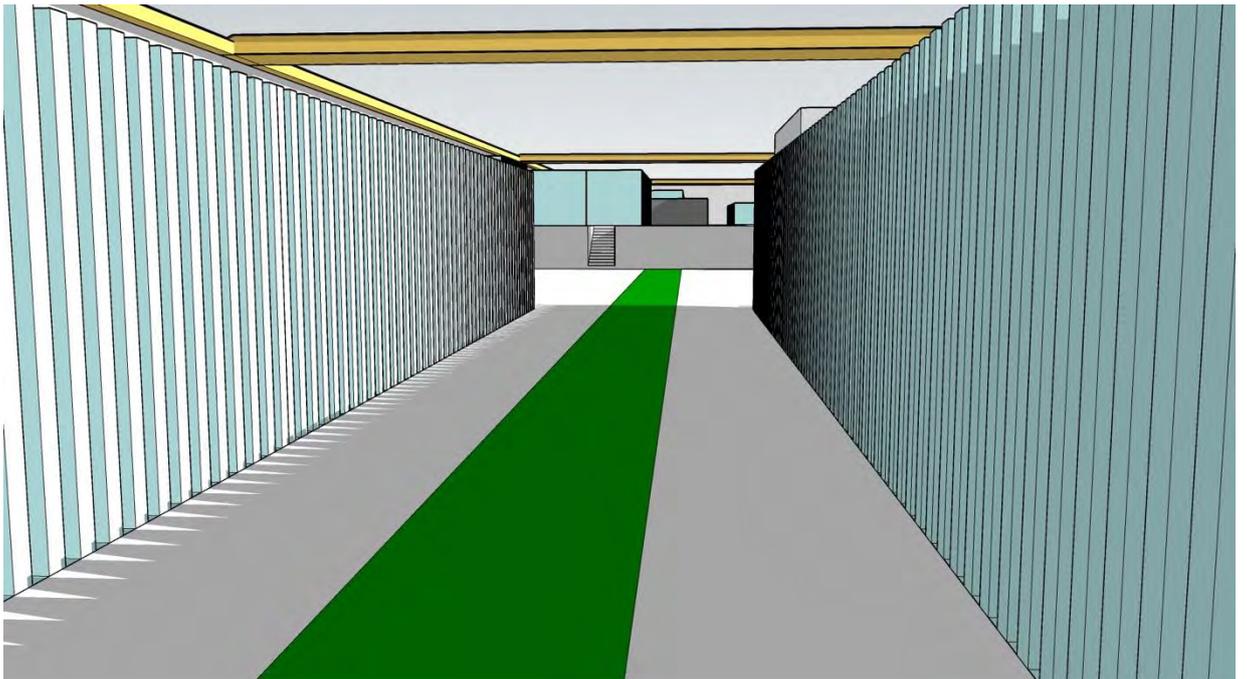
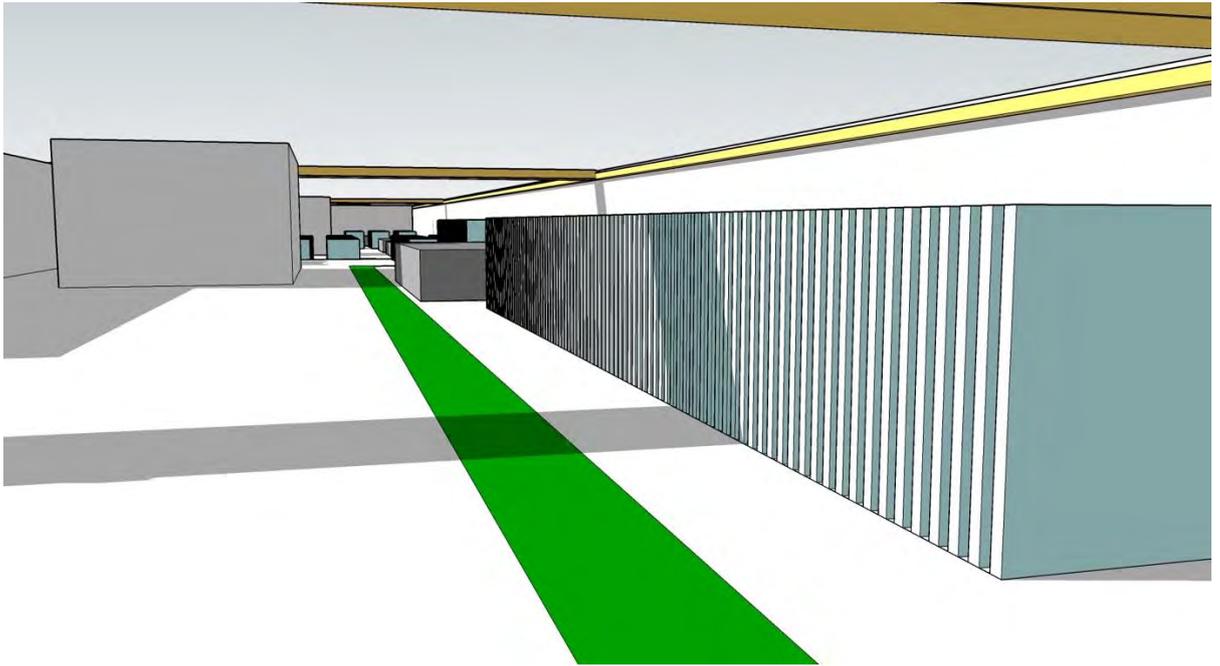
Máquina/Bodega	Lisec 8	Lisec 3	Lisec 4	Lisec 7	Lisec 5	Lisec 6	Lisec 9	Lisec 10	CAPACIDAD
B1 (1)	4,00	261,26	328,26	353,45	455,66	565,34	683,97	703,97	66
B2 (2)	66,00	-	-	-	-	-	-	-	66
C (3)	95,34	138,93	205,93	231,12	333,33	443,01	561,64	581,64	132
D1 (4)	38,00	94,00	-	-	-	-	-	-	132
D2 (5)	262,93	43,01	31,02	56,21	158,42	268,10	386,73	406,73	75
E1 (6)	-	75,00	-	-	-	-	-	-	75
E2 (7)	347,26	117,39	50,39	25,20	77,01	186,69	305,59	325,59	220
E3 (8)	-	-	63,00	157,00	-	-	-	-	220
F (9)	383,84	146,96	79,96	54,77	47,44	157,12	275,65	295,65	36
	-	-	36,00	-	-	-	-	-	36
	404,45	171,27	104,27	79,08	6,00	115,64	234,27	254,27	109
	-	-	98,00	-	11,00	-	-	-	109
	441,08	207,55	140,55	115,36	13,15	96,53	215,16	235,16	144
	-	-	-	-	144,00	-	-	-	144
	557,42	331,57	264,57	239,40	137,19	57,00	61,63	81,63	153
	-	21,00	3,00	-	-	113,00	-	-	153
	606,67	369,61	302,61	277,42	175,21	91,39	32,80	12,00	245
	-	-	-	-	-	50,00	134,00	61,00	245
DEMANDA	104	190	200	157	155	163	134	61	

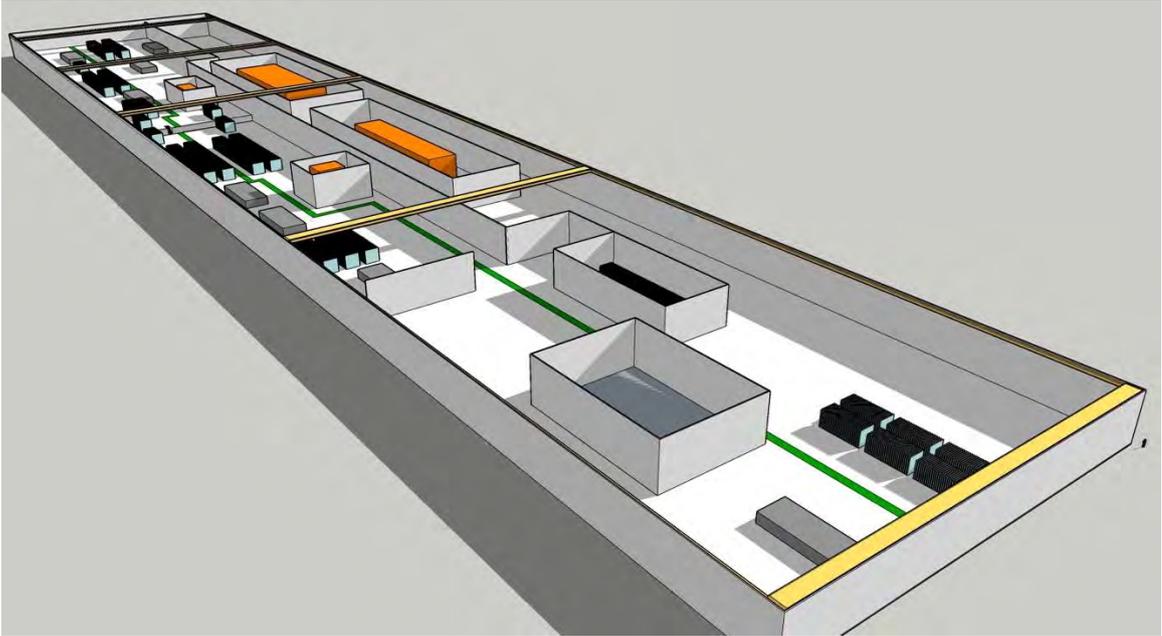
$\Delta C1$	$\Delta C2$	$\Delta C3$	$\Delta C4$	$\Delta C5$	$\Delta C6$	$\Delta C7$	$\Delta C8$	$\Delta C9$	$\Delta C10$	$\Delta C11$	$\Delta C12$	$\Delta C13$	$\Delta C14$
257													
44	44	67	67	67	67	67							
12	12	12	12										
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	67		
7	7	7	7	7	25	25	25	25	25	25	67	67	
73	73	73	73	73	25	25	25	25	25	25	67	67	67
83	83	83											
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	25	67	67	67
21	21	21	21	21	21	59	59	186					

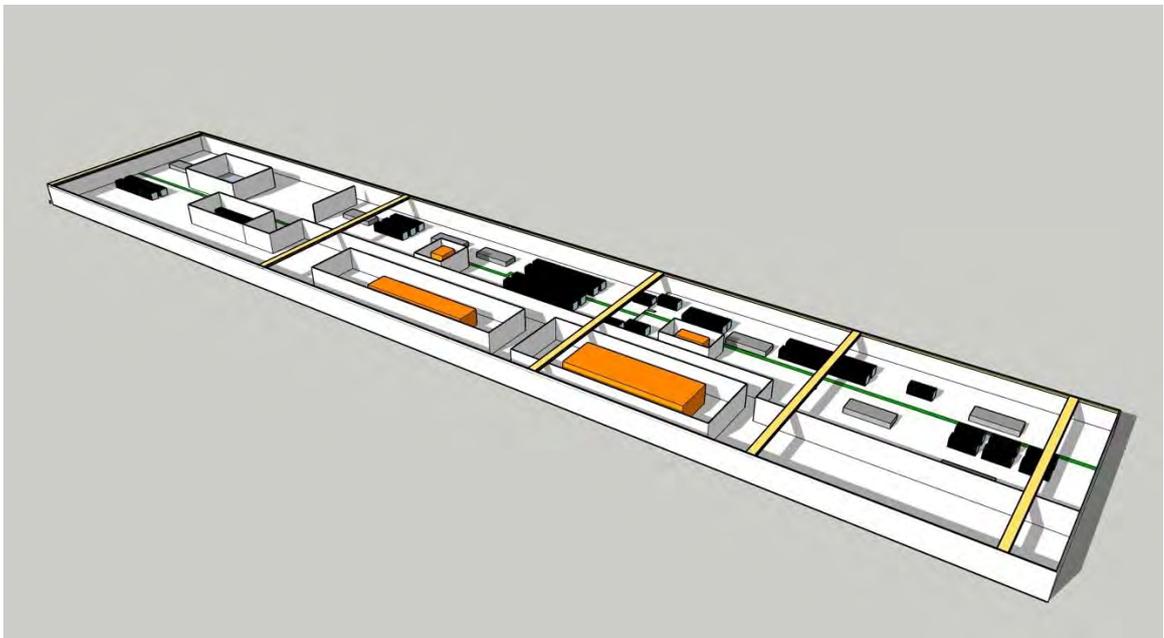
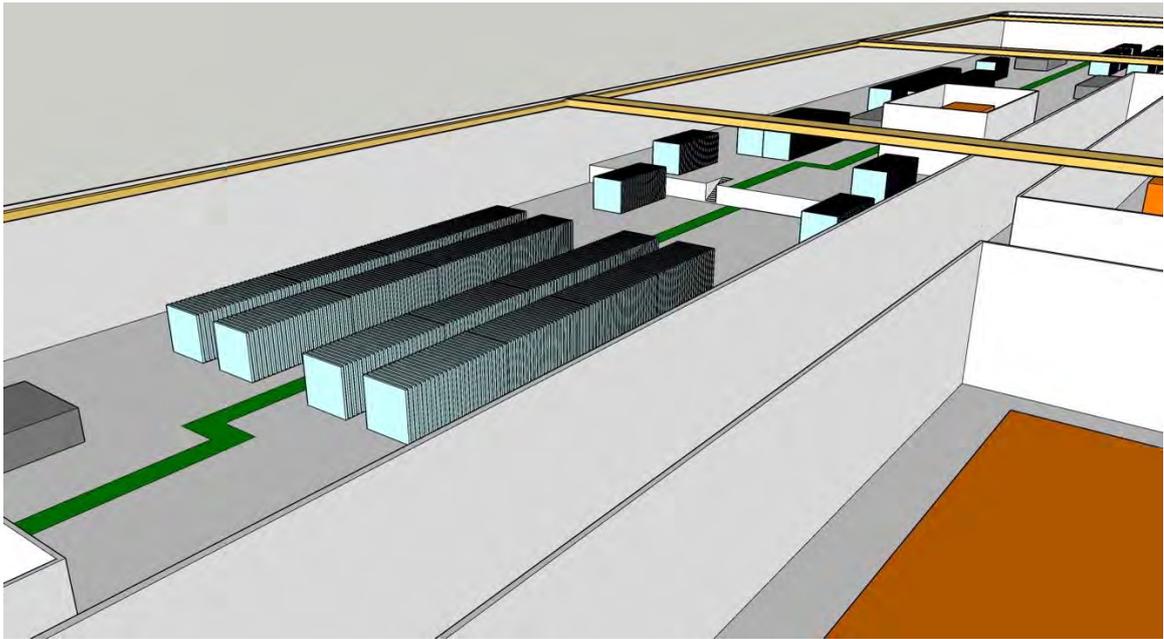
$\Delta R1$	91	74	19	30	7	34	29	70
$\Delta R2$	168	74	19	30	7	34	29	70
$\Delta R3$		74	19	30	7	34	29	70
$\Delta R4$		74	19	30	41	34	29	70
$\Delta R5$		8	30	30	41	34	29	70
$\Delta R6$		8	30	30		34	29	70
$\Delta R7$		8	30	30		34	29	
$\Delta R8$		30	30	30		34	29	
$\Delta R9$		30	30	30		34		
$\Delta R10$		30	30	30		59		
$\Delta R11$		30	30	30				
$\Delta R12$		30	30					
$\Delta R13$		24	24					
$\Delta R14$		160	160					

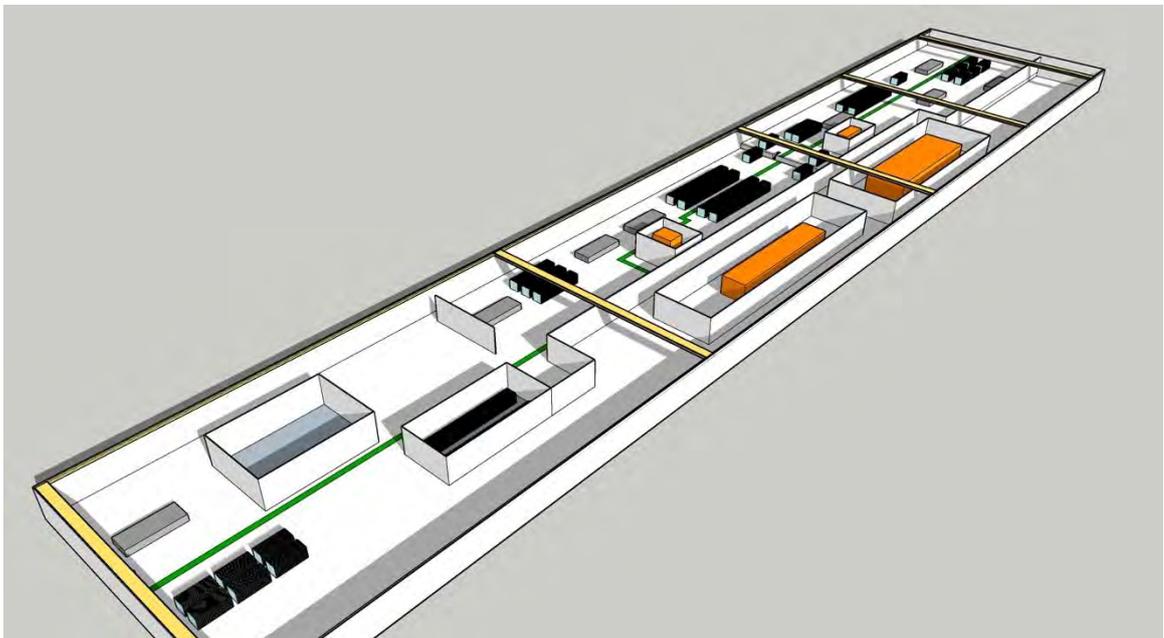
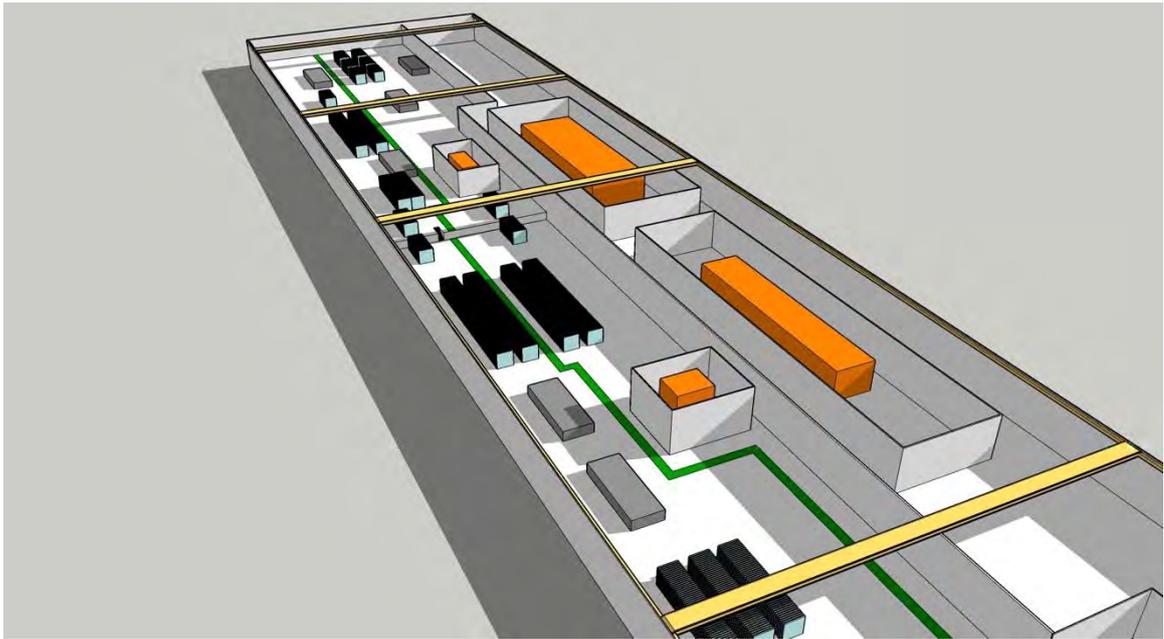
Nota: La imagen muestra la realización del modelo mediante el Método o Aproximación de Vogel

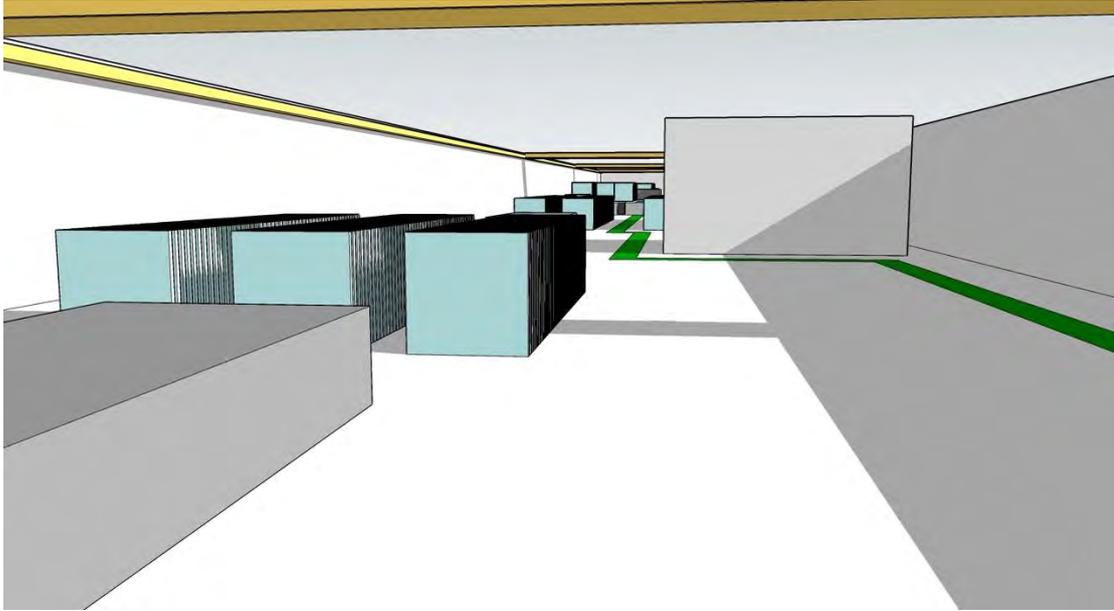
- ANEXO 4











Nota: Imágenes del render de la empresa de Tecnoglas