

PROPUESTA DE DISEÑO EN DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN LA EMPRESA MADERAS LEANDRO

OSWALDO MARÍN OSORIO

Oswaldo.marin00@usc.edu.co

Daniel Aberto Parra Valdes

daniel.parra.valdes@gmail.com

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial

Resumen

El principal objetivo de esta investigación es proponer un diseño de distribución de planta en Maderas Leandro para su próxima planta teniendo en cuenta de manera eficiente los recursos que la empresa dispone y requiere para llevar a cabo su producción, podría incrementar considerablemente su productividad; y con ello se apreciará la reducción de costos en un entorno donde se tenga un flujo continuo de la operación productiva. El estudio es descriptivo, puesto que se parte de información existente del estado actual de la distribución de planta en la empresa y se aplica en la creación de una nueva propuesta de distribución para una nueva planta con las mismas características. El principal resultado fue una alternativa totalmente eficiente en el cual se aprovechó el nuevo área de la empresa asegurando el aumento de la producción a futuro en Maderas Leandro.

Palabras Clave: Madera, Distribución, Productividad, Competitividad.

Abstract

The main objective of this research is to propose a design of distribution of plants in Maderas Leandro for its next plant taking into account efficiently the resources that the company has and requires to carry out its production, could increase productivity; and with this, the reduction of costs will be appreciated in an environment where there will be a continuous flow of the productive operation. The study is descriptive, since it is part of the current state of the distribution of the plant in the company and is applied in the creation of a new distribution proposal for a new plant with the same characteristics. The main result is a totally efficient alternative in which the new area of the company is used, ensuring the increase of future production at Maderas Leandro.

Keywords: Wood, Distribution, Productivity, Competitiveness.

INTRODUCCIÓN.

La distribución de planta es esencial en cualquier empresa, dado que permite optimizar la ubicación de los diferentes elementos e insumos de la misma, mejorando así la eficiencia en la ubicación de la materia prima, zonas de proceso y distribución del material procesado. Todo ello disminuye los costos de fabricación al optimizar las actividades.

Por el contrario, una distribución de planta inadecuada puede generar retrasos, ineficiencia en la alimentación de insumos a la producción y una distribución que genere costos adicionales en la misma. Con el consiguiente desperdicio de recursos, lo que genere no solo costos innecesarios, sino problemas de calidad lo que influye tanto en la competitividad de la empresa como en su presencia en el mercado (Gutierrez, 2013).

Actualmente la empresa Maderas Leandro es un negocio familiar que se encuentra ubicada en Buenaventura, en el puente El Piñal, cuenta con 800 m² para operaciones y oficinas, cuenta con 17 empleados. Se encarga de la distribución de madera para las diferentes fábricas, a la recuperación de estibas y a la fabricación de pisos, muebles o puertas a solicitud del cliente. Debido a su poca planeación ha provocado espacios muertos, poca organización en el taller de producción y un ambiente no seguro para los trabajadores.

El principal objetivo de este trabajo es diseñar una propuesta de distribución de planta de la empresa MADERAS LEANDRO para la nueva planta ubicada en la Zona Industrial de Yumbo, que permita mejorar su eficiencia de proceso productivo y el máximo aprovechamiento de la infraestructura disponible ya que con esta podría incrementar considerablemente su productividad, y con ello se apreciará la reducción de costos en un entorno donde se tenga un flujo continuo de la operación productiva e igualmente entre todas sus dependencias; para ello se elaborará un estudio físico de

la planta en el sector de producción y almacén y determinar el estado actual de distribución de la planta y así identificar un método para un diseño de distribución de planta adecuado para Maderas Leandro y luego proponer un diseño de planta teniendo en cuenta, áreas funcionales, flujos de proceso y la caracterización de procesos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Descripción del Problema.

Haciendo un análisis de las operaciones, la empresa Maderas Leandro presenta algunos problemas de ineficiencia en los procesos productivos, puesto que el diseño de sus instalaciones padece de inadecuada distribución de la maquinaria, herramientas y estaciones de trabajo para la recuperación y elaboración de estibas, lo que incrementa radicalmente la generación de tiempos muertos, paradas por desplazamientos, y desorganización de áreas.

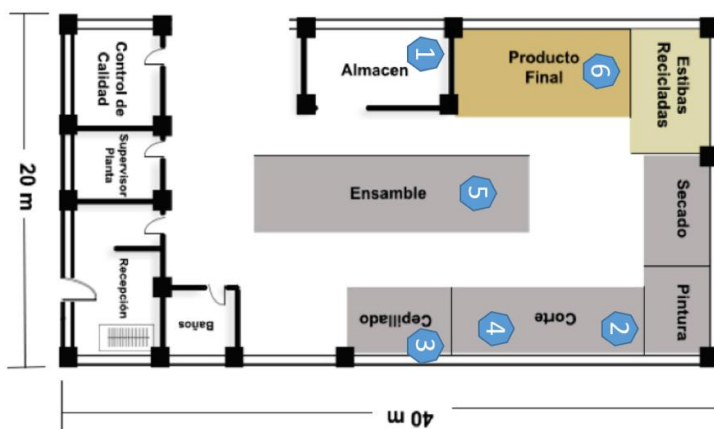
El flujo y almacenamiento de la madera (materia prima principal para la elaboración del producto) no dispone de un espacio adecuado que permita su correcto almacenamiento, manipulación y transporte; en ocasiones la madera se almacena al aire libre lo que ocasiona daños en su estructura debido a la exposición de sol y agua ya que si la madera no está en su estado natural se ve afectado por estos factores, lo cual se ven reflejado en pérdidas de calidad.

En vista de los problemas mencionados, la empresa ha decidido mejorar su eficiencia y organización. Para empezar, la empresa ha comprado un lote de 1500 m² para construir su planta en la Zona Industrial de Yumbo. Uno de los objetivos de la nueva planta es fabricar estibas de madera y no solo dedicarse a recuperar las estibas defectuosas, con esto se espera que su participación en el mercado sea mayor a la actual. Esta nueva planta deberá satisfacer los requerimientos a nivel de higiene y seguridad industrial, lo que se conseguiría con una adecuada distribución de planta. Por ello, es necesario desarrollar el diseño ajustado de planta que mejore la eficiencia del proceso productivo para asegurar una respuesta eficiente y oportuna al cliente.

Distribución de la planta actual en Buenaventura.

Maderas Leandro nació en el año 1993, fundada por Juana María Angulo, quien la fundara al buscar nuevas oportunidades de negocio en vista de la necesidad del mercado de un producto de calidad; se ubica geográficamente en el kilómetro 4 del puente del Piñal de la ciudad de Buenaventura, con el fin de proveer de estibas a las empresas asentadas en la zona portuaria. A continuación se muestra en el plano de Maderas Leandro en Buenaventura el resultado preliminar de la observación de la planta actual, donde se evidencia la mala distribución de las distintas áreas.

Ilustración 1: Plano Actual Maderas Leandro en Buenaventura.



En el plano actual en Buenaventura de Maderas Leandro como se nota en la ilustración 1 la línea de producción de estibas no están organizadas en una línea óptima para la eficiencia del proceso productivo ya que para pasar del proceso 1 al 2 obstruye el paso el proceso 5 ya que se encuentra en el centro de la planta lo cual genera desplazamientos innecesarios para el personal aumentando el tiempo de producción.

(Fuente: Maderas Leandro).

1.2 Factores de distribución.

Los productos hechos por Maderas Leandro constan de fabricación de estibas, muebles, puertas o pisos, y distribución de madera. Maderas Leandro aún no posee un catálogo extenso de su variedad de muebles, hasta ahora se han basado en las solicitudes específicas de sus clientes fieles, por lo que el proceso de elaboración de los muebles se planteará de forma general. La fabricación de estibas también estará sujeta a las necesidades del cliente, pero ellas presentan una forma más estándar que se detallará más adelante.

Factor Materia Prima: La materia prima es la madera, que llega en tronco y luego es cortada en tablonces de diferentes dimensiones dependiendo del tipo de madera y diseño de acuerdo a la solicitud del cliente.

La materia prima se almacena bajo techo un factor importante ya que esto previene el rajado de las maderas por efecto climáticos. La madera se apila dependiendo de su tipo para su fácil identificación.

Factor Desechos: Al trabajar con madera se genera desechos como: aserrín y virutas, en una cantidad entre 1500 y 2000 kg al año (dato aportado por Maderas Leandro). Estos desechos se almacenan en una sección cerca de la materia prima. Las condiciones de almacenamientos son: que deben mantenerse en un lugar con techo y cerrado para prevenir la exposición a la lluvia y el sol, lo que no ocurre actualmente.

Otros desechos son: los envases de cola, de laca, tinner y pintura, así como lijas. Estos se dan en menor cantidad debido a que se usan solo en la fabricación de los muebles, y no tienen un lugar fijo destinado.

Factor Maquinaria: El factor maquinaria es primordial en una empresa manufacturra para determinar una distribución apropiada.

Factor Terreno: El terreno es un claro determinante de la distribución. El lote de terreno actual de Maderas Leandro tiene un área de 800 m², con un ancho de 20 m y largo de 40 m.

Factor Hombre: Maderas Leandro cuenta con un total de 17 empleados los cuales están repartidos desde el área de ensamble hasta gerencia.

Factor Servicios: Maderas Leandro actualmente no cuenta con un servicio para sus trabajadores ya que los baños se encuentran en mal estado, no hay duchas ni casilleros, tampoco cuenta con un área de descanso o alimentación.

1.3 Descripción del proceso.

Maderas Leandro se dedica a la distribución de madera y a la restauración de estibas, también a la fabricación de muebles, puertas o pisos, a pedido del cliente. El principal objetivo actual de Maderas Leandro es fabricar estibas en mayor cantidad, es por ello que a continuación se describirá el proceso de fabricación de estibas, y el procedimiento general en la fabricación de un mueble.

Descripción del proceso de producción de las Estibas.

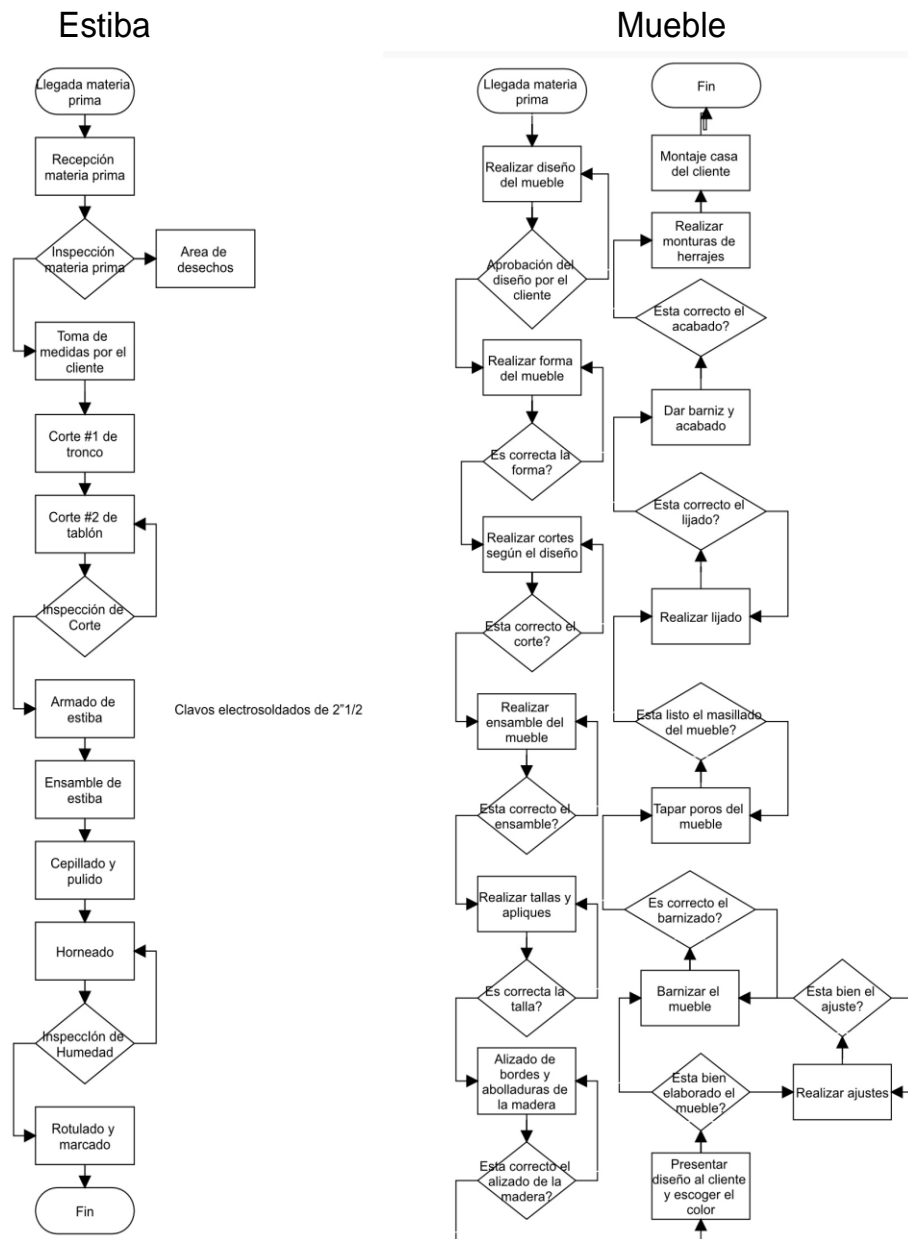
Los tipos de madera con que frecuentemente se elabora una estiba son: pino, álamo y eucaliptos. Lo que determina el tipo de madera a utilizar es su funcionalidad. Estas estructuras están firmemente ensambladas con pistolas neumáticas las cuales utilizan clavos en forma de espiral que aseguran un mejor refuerzo en las uniones.

Descripción del proceso de fabricación de muebles.

Para fabricar un mueble los pasos son similares a la estiba, pero dependerá del diseño del mueble, además tiene el adicional de necesitar ser roseado por sellador, tiner y tinta, además de pasar a una zona de secado.

Flujograma del desarrollo del producto.

Ilustración 2. Flujograma de producción de una estiba y un mueble.



(Fuente: Elaboración propia. Información de Maderas Leandro).

El siguiente cuadro corresponde al diagrama de flujo del proceso de materiales (actual) de la empresa Maderas Leandro en la elaboración de una estiba de 1 x 1.2 mts.

Cuadro 1. Diagrama de flujo del proceso de Estiba en Maderas Leandro.

DIAGRAMA DEL FLUJO DEL PROCESO								
Fecha		Ficha numero:						
Diagrama Nº 1 Página 1 de 1		RESUMEN						
Proceso: Elaboración de una estiba de 1 x 1.2 mts.		Actividad	Actual		Propuesto		Economía	
			Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo	Cant.	Tiempo
Actividad:	Analysis	Operación ●	5	46				
		Transporte →	5	7				
Tipo de diagrama:	Material X	Espera D	2	2				
	Operario X	Inspección ■	4	8				
Método	Actual X	Almacenaje ▼	2	15				
	Propuesto	Dist. Total						
Area/Sección:	Planta de Producción	Tiempo T.	18	78				
Elaborado por:		Aprobado por:						
Descripción		● ■ → D ▼	Tiempo		Observaciones			
Almacenamiento de materia prima				10 min				
Inspección de materia prima				1 min				
Traslado de materia prima a zona de corte				2 min	Corte según especificaciones del cliente			
Se inspecciona el corte de listones y tablas				5 min				
Preparación de mesa de elaboración de estibas				1	Ajuste de la mesa según el diseño de la estiba			
Se realiza el armado de la estiba				5				
Ensamble de estiba				5	Clavos Espiralados			
Inspección de las estibas ensambladas				1	Se verifica si es correcto el diseño			
Se traslada al área de estibas ensambladas				1				
Se traslada al área de fumigación				1				
Se fumiga la estiba				5	D-WT inmunizador de madera			
Se prepara el horno				1	Temperatura 56 grados C.			
Traslado de estiba al horno				1				
Horneado de estiba				30	Duración 30 min.			
Inspección de horneado				1	Se mide la humedad con hidrómetro			
Marcación de LOTE				1	Código ICA/Fecha			
Traslado al área de producto terminado				2	Se traslada mano de obra humana			
Almacenamiento de producto terminado				5				
TOTAL			5 4 5 2 2	78 min				

(Fuente: Elaboración propia).

Como puede apreciarse en el diagrama de flujo tiene pocos tiempos de espera, aunque estos se verán afectados por la eficiencia de los trabajadores, también por cuán cortas sean las distancias de transporte. La producción de estibas muestra que consta de cinco traslados, por lo que para el diseño de distribución de la planta se tiene que procurar que la distancia entre una zona y otra sea corta, lo que evitará las demoras innecesarias.

A continuación se exponen 2 trabajos que plantean propuestas de distribución de planta para mejorar la productividad en determinadas empresas y sus líneas de producción, las cuales sirven de referente para la investigación.

Fernandez. W y Rhenals. N (2011, pág. 29), En su trabajo de grado realizaron un estudio de la distribución de las instalaciones de Estibas y Carpinterías El guedo Ltda, analizaron las operaciones que intervenían en el proceso de producción, aplicando la metodología Systematic Layout Planning (SLP), que les permitió verificar el espacio disponible a través de la relación entre los departamentos. Plantearon tres alternativas, eligiendo aquella que obtuvo un mejor aprovechamiento del espacio en cuanto a la forma, adyacencia y economía razonable en la distancia de recorridos, en comparación con la distribución actual.

Barón. D, y Zapata. L (2012), realizaron una propuesta para llevar a cabo la redistribución de la planta en una organización del sector textil de la ciudad de Cali, Colombia. Su enfoque fue proponer instrumentos para lograr mejoras en el desempeño de los pequeños negocios y empresas del propio sector textil en Cali. Para ello se plantearon diferentes alternativas de distribución de planta. Se implementó un software para cumplir con este objetivo, el cual realiza la distribución de la planta de acuerdo a la necesidad de cada empresa. El software continúa en desarrollo.

Marco Teorico.

Importancia de la distribución en planta.

El primer aspecto a considerar al momento de realizar el diseño de la planta es determinar su importancia, que en resumen se encuentra en las facilidades para optimizar las actividades de la organización, “*permitiendo que esta crezca, que pueda satisfacer adecuadamente a sus clientes y que cada vez sea más competitiva permitiendo tener una participación mucho mayor en el mercado*”. (Alberto Galindo Cota, 2010)

Los principales beneficios son los siguientes:

A través de este se pueden disminuir las distancias entre procesos, localizando las máquinas lo más cerca posible, con lo cual se ahorra tiempo perdido en el transporte de partes entre las distintas estaciones de trabajo, también el tiempo que el empleado invierte en las distancias recorridas. Gracias a lo anterior también se reduce inventario en proceso, se mejora el tiempo de respuesta al cliente, se reduce el espacio utilizado y ayuda a la fácil identificación de defectos.

Ayuda a mejorar la seguridad de los operadores, porque se mejoran las condiciones de los pisos y se crean pasillos libres, porque el diseño de la nueva ruta debe ser acorde con la secuencia del trabajo y deber segura, con lo cual el operario va a estar mucho más contento aumentando así si productividad.

Ayuda a eliminar las zonas donde el inventario en proceso prodría acumularse, creándose una ruta de surtido de materiales, en el cual el surtido de este se hará más eficiente optimizándose el flujo sincronizado de materiales a las áreas de producción, con lo que se facilitará tener rutas programadas en tiempo y cantidad de surtido de materiales.

Ayuda al aprovechamiento adecuado del recurso de la mano de obra ya que la distribución se basará en el balance de la línea, obteniendo la empresa la cantidad disponible de la eficiencia de sus empleados y por lo tanto la cantidad de producto terminado capacitados en producir.

La distribución de planta.

“La distribución de planta es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible” (Olga Perez Gosende, 1952).

Del mismo modo, se basa en unos principios, encaminados a “obtener beneficios plenos para las partes que se ven afectadas, ya sean accionistas o empleados; y lograr un tratamiento adecuado de los materiales y equipos”

(Vaughn, 2005, pág. 111), establece seis principios básicos de la distribución de planta, los cuales tienen una concordancia lógica con los fines buscados con ella, por esto, se tienen:

- | | | |
|---|--|---------------------------|
| 1. Satisfacción y de la seguridad. | 3. Mínima distancia recorrida. | 5. Espacio cubico. |
| 2. Integración de conjunto. | 4. Circulación o flujo de materiales. | 6. Flexibilidad. |

Para realizar una adecuada distribución de planta, “*se necesita conocer los factores implicados en la misma*”. (Sabater, 2013, pág. 12), los cuales se pueden agrupar en grupos como material, maquinas, mano de obra, movimientos, tiempos de espera, servicios auxiliares,, edificación y cambios.

Ventajas de tener una buena distribución.

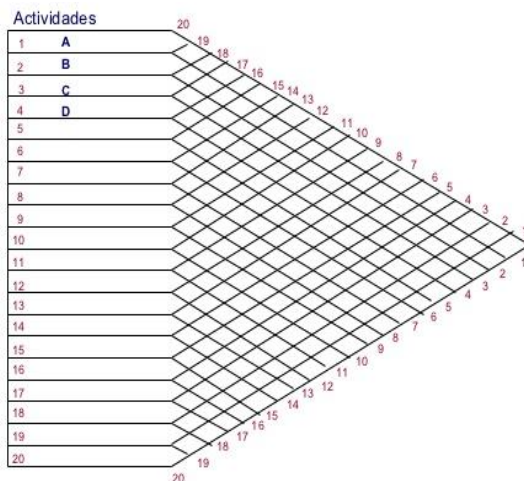
Al momento de adoptar la distribución en planta, ésta debe alcanzar un equilibrio entre las características y necesidades de todos los factores que forman parte de la misma, de tal modo que se logre maximizar los beneficios que contribuyan a la organización a conseguir su competitividad, entre éstas están:

- Reducción de distancias y tiempos de recorrido de los materiales, herramientas y trabajadores.
- Mejoramiento en la circulación tanto para personal, como equipos móviles, insumos y producto terminado.
- Aprovechamiento óptimo del espacio disponible según la necesidad.
- Mejoramiento de la seguridad industrial mediante la reducción de accidentes.
- Reducción del tiempo de fabricación.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Método cualitativo SLP (Systematic Layout Planning).

Con este método se valora la importancia de la relación entre los diferentes departamentos que componen una planta, y sirve como base para el diseño de la distribución. El método SLP fue propuesto por (Muther, 1970) y consta de una matriz como la que se ve en la ilustración 3.

Ilustración 3: Matriz SLP de Muther.



(Fuente: Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta).

2. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un enfoque mixto tomando métodos tanto cuantitativos como cualitativos que buscan tener en cuenta las áreas funcionales, flujos de procesos y la caracterización de procesos y se siguió la metodología planteada por el método cuantitativo SLP de Muther.

Para elaborar el estudio físico de la planta se utilizarán herramientas mediante las cuales se recolecta la información, tales como, diagrama de flujos de proceso y las entrevistas a los diferentes trabajadores de la empresa. En relación al tipo de proyecto, éste es descriptivo puesto que se parte de información existente acerca de la situación actual de la distribución de planta de la empresa y se aplica en la creación de una nueva propuesta de distribución para una nueva planta con las mismas características.

En relación al método de investigación empleado, se tendrá como base el trabajo de Campo, por lo que se realizará una recolección de datos directamente de la fuente, sin realizar ninguna manipulación o control de las variables, empleando así técnicas de observación directa. También se empleará el diagrama de relaciones, diagrama adimensional de bloques y adyacencia de departamentos.

En concordancia con el problema planteado de diseñar y redistribuir la planta para que la empresa mejore sus procesos productivos, se evaluará 4 posibles diseños de planta y al final de acuerdo a diferentes ponderaciones se tomará el más conveniente para Maderas Leandro, luego se procederá a realizarlo para la propuesta final en la que incluirá la recepción de la materia prima, pasando por el proceso de ensamblaje y producción, hasta el embalaje, transporte y entrega al consumidor final.

Fases de la investigación:

Fase 1: Identificación de aspectos y problemática. El primer paso del proyecto es la identificación los problemas principales que genera la distribución de planta actual.

Fase 2: Recolección de información. Levantamiento de la distribución actual de planta, a través de la observación en visitas a planta.

Fase 3: Elaboración del diagnóstico. Este diagnóstico debe incluir análisis y priorización de problemas, información acerca de las condiciones, uso y espacio de los recursos, las materias primas, la manera de almacenar, el espacio disponible, aspectos legales e institucionales relacionados y la identificación de conflictos. De acuerdo a lo encontrado se determina un plan de acción y mejoramiento.

Fase 4: Plan de mejoramiento. De acuerdo a las investigaciones hechas por diferentes ingenieros en trabajos de grado se realizará la debida distribución de planta empleando metodologías y software, eligiendo la más adecuado bajo los criterios que se establezcan.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS.

Planteamiento de alternativas.

El método aplicado para el planteamiento de alternativas es el de Planificación racional de la distribución de planta (S.L.P). El primer paso es hacer un análisis entre productos y cantidades, para lo cual es necesario relación un diagrama de proceso y a su vez un diagrama relacional de áreas funcionales. El siguiente paso es efectuar un diagrama relacional de superficies, y tomando en cuenta ciertos factores proponer tres diseños de distribución de planta, para finalmente mediante una evaluación multicriterio seleccionar uno de los diseños. Todos estos pasos se desglosarán a continuación.

Diagrama de relaciones.

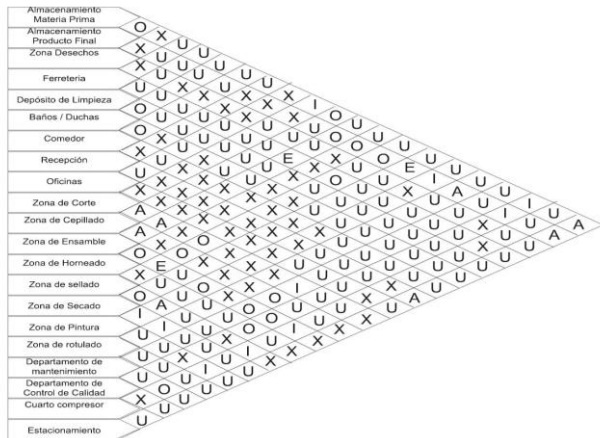
Ilustración 4. Escala del método de Muther y Wheeler.

Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas
A	Absolutamente	—————
E	Especialmente	—————
I	Importante	—————
O	Importancia	-----
U	Indiferente	
X	Indeseable	~~~~~

(Fuente: García-Sabater, 2013).

La información y criterios de la distribución de la planta se obtienen con un recuadro ó grafico de interrelaciones.

Ilustración 5. Diagrama relacional de areas funcionales.

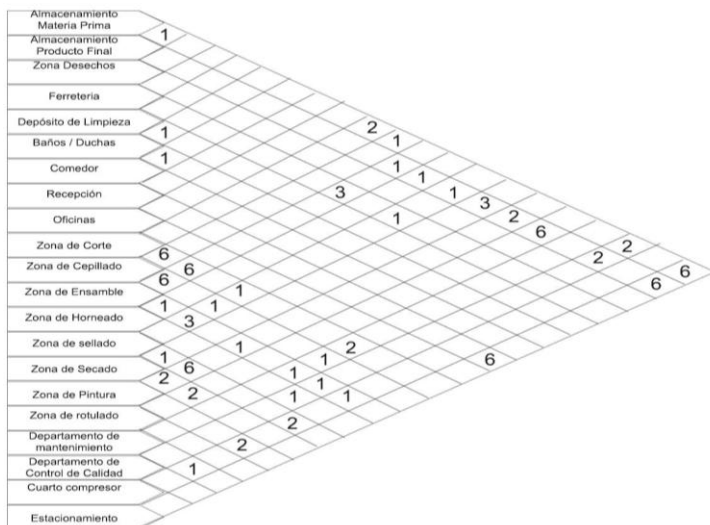


(Fuente: Elaboración propia).

Se determinaron 21 áreas funcionales, aglomerando los departamentos de Recursos Humanos, Venta, Gerencia, Compras y Contabilidad, dentro del ítem “oficinas”. Este diagrama de relaciones se hizo con ayuda de los trabajadores de Maderas Leandro, que en entrevistas comentaron los departamentos que querían en su nueva planta, así como la dificultad en la cercanía entre algunos de ellos.

De acuerdo al diagrama de relaciones se elaboró el diagrama de relaciones ponderadas, en la que la letra A (absolutamente necesaria) recibió una ponderación de 6. La letra E (Especialmente importante) tiene un valor de 3. I (Importante) con un valor de 2 y O (Ordinación Importante) valor de 1. Las letras U y X no reciben ponderación. Esto sirve para determinar los rangos de importancia de los departamentos.

Ilustración 6. Diagrama ponderado de relaciones entre departamentos.



(Fuente: Elaboración propia).

Tabulando los resultados y ordenándolos en orden de rango se obtiene la siguiente tabla.

Cuadro 2. Rango de importancia de los departamentos.

Rango	Departamentos	Ponderación
1	Zona de ensamble	24
2	Estacionamiento	18
3	Almacenamiento Producto final	17
3	Zona de corte	17
4	Zona de sellado	16
4	Zona de Cepillado	16
5	Zona de Pintura	13
6	Zona de Materia Prima	12
7	Zona de rotulado	8
7	Zona de secado	8
8	Recepción	6
8	Control de Calidad	6
8	Cuarto de Compresor	6
9	Departamento de mantenimiento	5
10	Ferretería	4
11	Zona de horneado	3
12	Baños/duchas	2
13	Depósito de limpieza	1
13	Comedor	1
14	Zona de desechos	0
14	Oficinas	0

Como puede visualizarse, las áreas más relevantes a tomar en cuenta para los diseños de distribución de planta a proponer, son: producción, almacenamiento de materia prima, almacenamiento de producto final y estacionamiento. Las cercanías o el fácil acceso a estas áreas garantizarán menos tiempo de operación y por ende más eficiencia.

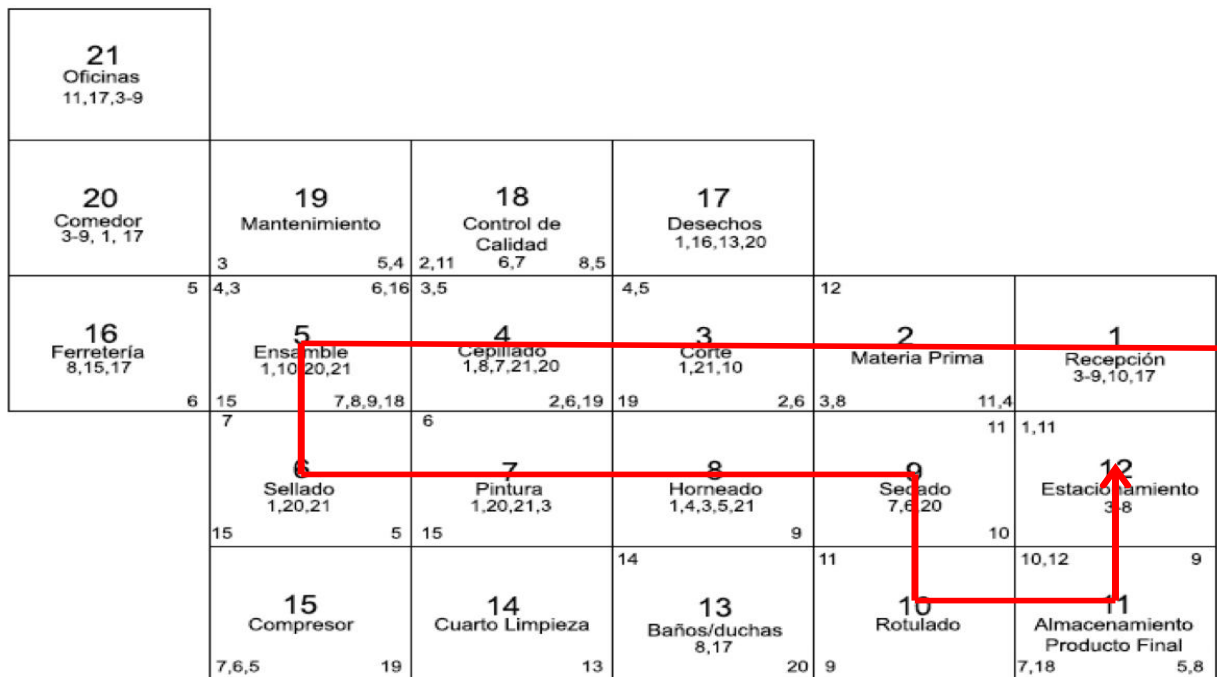
Tomando como referencia el diagrama de relaciones y el cuantitativo se procede a efectuar los diagramas de bloque que evidenciarán en una primera instancia la distribución adecuada de la planta, sin tomar en cuenta aún el factor terreno.

(Fuente: Elaboración propia).

Diagrama adimensional de bloques.

Con la información obtenida en el diagrama de relaciones se realiza una tabulación teniendo en cuenta las relaciones de cercanía (A, E, I, O) que requiera cada departamento con relación a los demás. Una vez terminado lo anterior se realiza el Diagrama de bloques que sirve como guía visual para la elaboración de los planos propuestos.

Cuadro 3. Diagrama de bloque de relación de los departamentos de Maderas Leandro.



(Fuente: Elaboración propia).

A partir del diagrama de bloque general de relaciones se procedió a plantear cuatro alternativas, considerando siempre el factor de cuán importante es la relación de un departamento con respecto a otro, también considerando según el análisis cuantitativo, los departamentos en los que se debe tener especial atención por ser más influyentes en el proceso.

Alternativas de diagrama de bloques.

Un factor importante al momento de plantear el diseño de distribución de planta, es la elección de si la distribución se basará por proceso, por producción, o si será una distribución celular. Tomando en consideración que Maderas Leandro planea ampliar su catálogo de productos y aplicar una distribución por producción, que sigue una estrategia de producción en cadena, esta no se hizo factible ya que esto evitaría que al incluir un nuevo producto su producción en planta sea poco adaptable.

Alternativa A: La alternativa A propone mantener las zonas destinadas al almacenamiento de materia prima y producto terminado cerca de la zona de estacionamiento, esto garantizando que el traslado del producto final sea más óptimo, así como la recepción de la materia prima. Esta alternativa presenta como desventaja que la zona de secado y rotulado, fases finales del proceso de producción, se encuentran alejadas de la zona de producto final, lo que aumentará el tiempo de producción, o debería contarse con un sistema interno de transporte muy eficiente para transportar el producto final a través de la planta hacia el lugar dispuesto para ello en el estacionamiento. Una opción sería construir un camino por fuera de la planta, para los montacargas, desde la zona de secado y rotulado hasta la de producto final.

Alternativa B: Analizando las desventajas de la opción A se planteó una segunda distribución de planta, en la que se siguió una distribución de equipos en “U” para que las secciones de Corte y Materia Prima se encuentren cercanas (disminución de tiempo de operación), y la zona de rotulado y secado sean próximas a la de almacenamiento de producto final. Una desventaja de esta alternativa es que la zona de secado se encuentra al extremo, cerca del Departamento de Control de Calidad, la cercanía entre ellas no es relevante, pero sí puede serlo la distancia que hay entre la zona de secado y la de almacenamiento de producto final. Cabe señalar que no todos los productos de Maderas Leandro pasan por el proceso de pintura y sellado, aunque si su idea es la expansión de su catálogo de productos la lejanía de esta zona sí podría tener repercusiones futuras.

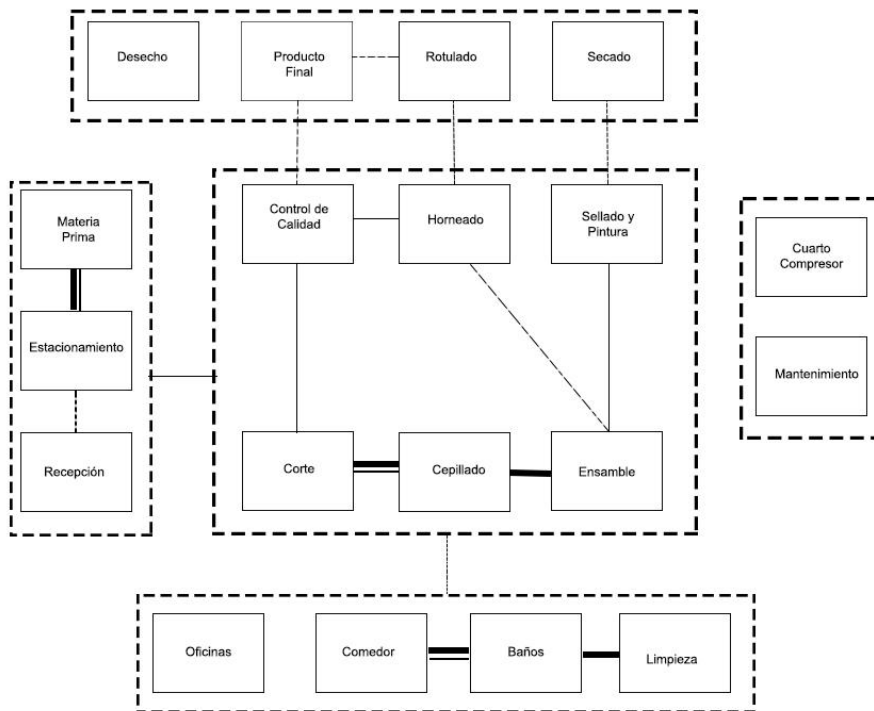
Alternativa C: Esta encierra en una zona aparte las áreas de Secado, Rotulado, Almacenamiento de Producto final y Desecho. En esta alternativa también se reordenan las zonas para oficina, baños y comedor. El inconveniente que podría presentar esta alternativa sería el de extender la carretera interna de la empresa para que los camiones puedan cargar el producto final, esto conlleva un gasto mayor en la construcción, pero es un factor que Maderas Leandro deberán analizar.

Alternativa D: Previendo los inconvenientes que presentan las alternativas A, B y C aunque ninguno de los diagramas de bloque están hechos a escala, los 4 diagramas muestran un aproximado de cómo sería la distribución de los departamentos en el nuevo terreno de Maderas Leandro. La alternativa D se desarrolló con la finalidad de minimizar la distancia del producto final o de la zona de secado con respecto a la zona de estacionamiento, en donde no solo se encontrarán los autos de los clientes y personal, sino el lugar establecido para la flota de la empresa. Con esta nueva distribución la carretera interna puede ampliarse hasta más o menos la mitad de la longitud del terreno, en vez de hacerlo en su totalidad, como sucedía en las alternativas anteriores. La zona de Desecho se ubica entre la de almacenamiento de materia prima y producto final, pero ello no presenta ningún inconveniente debido a que debe construirse un cuarto para los desechos, no puede ser un lugar abierto porque la mayoría de desechos que se obtienen es aserrín, que aparte de ser inflamable, también es muy fino y puede ser arrastrado por corrientes de aire.

Las oficinas, comedor, baño y cuarto de limpieza se estima no que se encuentren en un edificio aparte, sino que se ubiquen en el segundo piso del edificio principal, encima de la planta de producción. El cuarto de compresor se ubicaría en la zona trasera de la empresa, se considera conveniente esta ubicación ya que no crearía contaminación sónica y a su vez es cercano a la planta, por ende a los equipos que precisan de su funcionamiento. En cuanto a la zona de producción,

se siguió el orden de Línea de Producción, ubicándose el departamento de Control de Calidad en una zona más estratégica que le permite tener más acceso a los puntos de inspección.

Ilustración 7. Alternativa D. Diagrama de bloque.



(Fuente: Elaboración propia).

Diagramas de recorrido de las alternativas.

De las cuatro alternativas propuestas puede evidenciarse a través de los diagramas de recorrido, que todas presentan una secuencia lógica en la distribución de los equipos en planta, distribución que permite una producción efectiva de las Estibas, ya que en la mayoría de las alternativas no se presenta reversión de flujo, con excepción de la alternativa B.

Los diagramas evidencian cual alternativa presenta menor distancia recorrida. La opción A presenta una gran distancia recorrida debido a que debe trasladarse el producto desde el fondo de la planta hasta el almacenamiento dispuesto en la parte frontal, lo que requerirá gastos en una vía para los montacargas o camiones que rodeen la empresa.

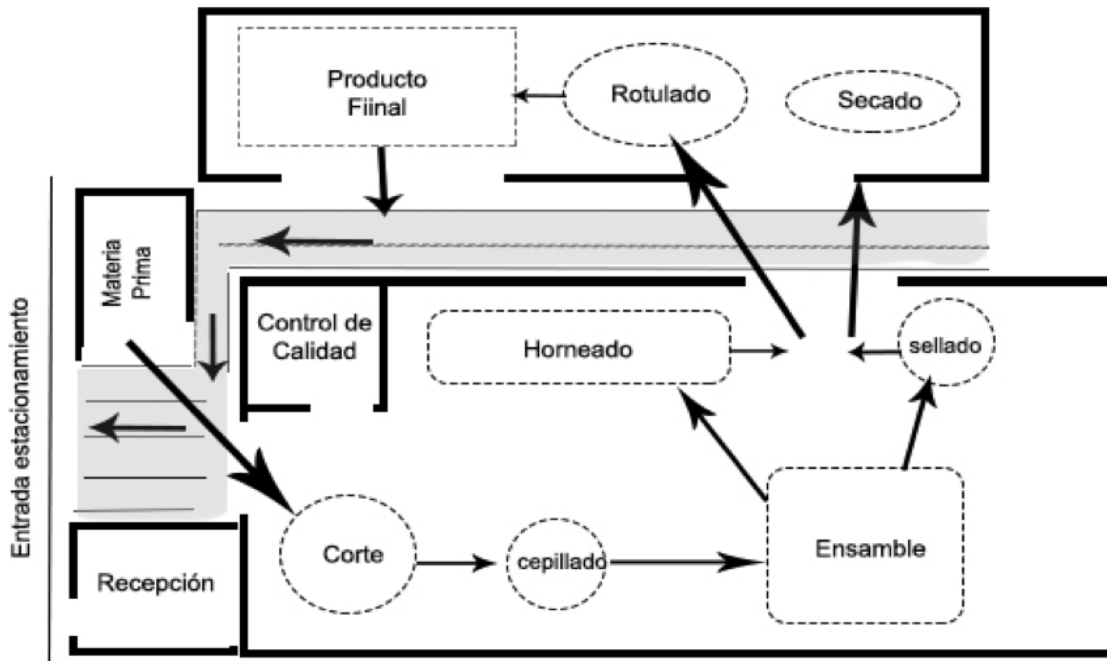
La opción B emplea menos área del terreno lo que podría ser conveniente para futuras ampliaciones, o incluso otro depósito. El inconveniente con la opción B es que presenta reversión de Flujo, los muebles se mantienen en la zona de secado que se encuentra al final de la planta lo que equivale a que los montacargas deberán trasladar el producto final a través de toda la planta, esto evita los gastos de una vía alterna, pero tendría que asegurarse que la planta esté despejada para el efectivo traslado al almacén de producto final.

En la opción C aunque el almacén de producto final se encuentra al fondo de la planta se precisa de una vía interna que permita el paso de los camiones hasta esta zona, lo que equivale a altos gastos económicos.

La opción D propone distinguir las zonas de secado, rotulado y almacén de Producto al separarlas en un galpón lateral, debido a su ubicación acceder a estas zonas es fácil y cómodo. Hay un gasto en una vía interna pero esta no rodea toda la empresa sino un lateral de ella. A continuación se muestra el diagrama de recorrido para la alternativa D antes mencionada, tomando en cuenta la disposición del terreno. Para la realización del diagrama solo se analizó las zonas

dedicadas a la producción, las oficinas y los departamentos no se consideraron debido a que su rango de importancia con respecto al estudio previo no es relevante.

Ilustración 8. Alternativa D. Diagrama de recorrido.



(Fuente: Elaboración propia).

Evaluación de las alternativas.

La evaluación multicriterio abarcará una serie de evaluaciones tanto cualitativas como cuantitativas que se detallan a continuación.

Evaluación por adyacencia de departamentos.

Esta evaluación permitirá verificar en qué magnitud las alternativas propuestas cumplen con las relaciones determinadas en el diagrama de relaciones. Consiste en comparar cada una de las alternativas con el diagrama de relaciones para la verificación de las adyacencias cumplidas, aunque las alternativas se realizaron tomando en cuenta el diagrama de relaciones. El objetivo es hallar el número de adyacencias cumplidas según corresponda (A, E, I, O, U, X) dándosele una calificación a cada letra. (Fernandez, 2011)

A: 20 E: 15 I: 10 O: 5 U y X: 0

El número de adyacencias cumplidas se multiplica por el valor de cada adyacencia y se suman para obtener el total de cada alternativa. La alternativa con mayor puntuación será la que se ha apegado más al diagrama de relaciones, y por ende la más propicia.

Cuadro 4. Evaluación de adyacencia de departamentos.

Alternativa	Tipo de relación	Número de relaciones cumplidas	Valor de cada relación	Total	Total de la sumatoria
A	A	4	20	80	170
	E	2	15	30	
	I	4	10	40	
	O	4	5	20	
	U	4	0	0	
B	A	4	20	80	155
	E	2	15	30	
	I	3	10	30	
	O	3	5	15	
	U	6	0	0	
C	A	4	20	80	185
	E	3	15	45	
	I	5	10	50	
	O	2	5	10	
	U	4	0	0	
D	A	4	20	80	175
	E	2	15	30	
	I	4	10	40	
	O	5	5	25	
	U	3	0	0	

(Fuente: Elaboración propia).

De la evaluación de adyacencia de departamentos se tiene que la opción C es la que cumple más con el diagrama de relaciones. En la tabla se evidencia que todas las alternativas se diseñaron tomando en consideración el rango de importancia de los departamentos, es por ello que todas coinciden con cumplir con 4 departamentos de adyacencia A, cumpliendo con la metodología de diagramas de bloque a partir de diagrama de relaciones, que indica que los primeros departamentos a ubicarse serán aquellos de relación absolutamente necesaria "A". Aunque la opción C presentó el mayor valor, la opción D le sigue en valor, y aunque en la opción D se tiene menor relación del grado E e I con respecto a la opción C, la opción D se enfocó en relacionar los departamentos con relación O, esto con el fin de mantener la relación entre los departamentos y a su vez aprovechar el espacio en planta, pero este análisis se desarrollará en el siguiente apartado.

Evaluación por distancia recorrida.

Muther comentó que la distancia recorrida en un proceso puede evidenciarse de forma visual al levantar el diagrama de recorrido de una planta, aunque el mismo no se haga a escala ya presenta qué solución puede ser mejor o menos conveniente que otra. A través de los diagramas de recorrido, conociendo que las dimensiones actual del terreno son de 30 m de ancho y 50 m de largo, y mediante la ayuda del software Autocad se pudo determinar un estimado de la distancia recorrida del proceso para cada alternativa. Se resalta que se tomó todo el largo y ancho del terreno como el área total de la planta, no se realizaron las dimensiones a escala de cada área, solo de las principales concernientes a la producción.

La alternativa que presenta la menor distancia recorrida es la opción B (103 metros), seguida de la opción D (105 metros).

Evaluación multidisciplinaria.

Se sigue la metodología propuesta en el Manual de Proyecto de Plantas, por la universidad UTN Regional de Rosario, Argentina, que propone hacer una evaluación ponderada a partir de ciertos factores de importancia para la selección de una alternativa de diseño de planta. El método consiste en asignar un valor que varía del 1 al 10 a cada factor determinante en la elección de la alternativa, y luego evaluar cuál es la ponderación de cada alternativa en los factores planteados. La alternativa con mayor puntuación sería la que se apege más a los requerimientos planteados. (Manual de proyecto de plantas)

Cuadro 5. Evaluación por factores de las alternativas.

Factor	Valor Factor	A	B	C	D
Posibilidad de futuras expansiones	3	1	1	2	2
Disposición flexible	8	6	6	7	7
Facilidad de movimiento de materiales	10	8	8	8	9
Facilidad de manipulación de materiales	10	8	8	8	8
Facilidad de almacenaje de materiales de proceso	10	5	7	7	9
Facilidad para incorporar servicios auxiliares	7	5	4	5	6
Facilidad de supervisión y control	8	7	6	7	7
Facilidad de mantenimiento y reparaciones	6	4	5	4	5
Total		44	45	48	53

Según esta evaluación la opción D es la más acertada.

(Fuente: Elaboración propia).

Se evidencia que cada alternativa se diseñó tomando las deficiencias de la alternativa anterior para mejorarlo, es por ello que se presenta un aumento progresivo en las sumatorias totales de los factores con respecto a cada alternativa. Los principales objetivos al plantear las alternativas fueron que hubiera facilidad de almacenaje tanto de materia prima como de producto final, y que el movimiento de materiales dentro de planta fuera óptimo, por ello las ponderaciones de cada alternativa para estos factores son similares.

Selección de la alternativa.

Para seleccionar la alternativa se levantó una tabla comparativa entre las evaluaciones antes efectuadas.

Cuadro 6. Comparación de resultados de las evaluaciones.

Alternativas	Evaluación por adyacencia de departamentos	Evaluación por distancia recorrida	Evaluación por factores ponderados
A	170	140	44
B	155	103	45
C	185	133	48
D	175	105	53
Opción con mayor ponderación	C	B	D

En vista de que la opción D satisface a mayor grado los requerimientos de la nueva planta de Maderas Leandro, se seleccionó esta para realizar el diseño al detalle de la planta.

(Fuente: Elaboración propia).

Plano Layout detallado de la alternativa seleccionada.

En base a los diferentes estudios realizados, las zonas críticas o de mayor relevancia para el diseño de planta en Maderas Leandro son: zona de producción y almacenamiento. La relación entre estas zonas es de suma importancia para una mayor eficiencia del proceso productivo. Para hacer la distribución de planta a escala se midieron los equipos existentes actualmente en Maderas Leandro, esto con el fin de determinar el área de la zona de producción y un estimado de cuánto sería el área destinada a cada zona.

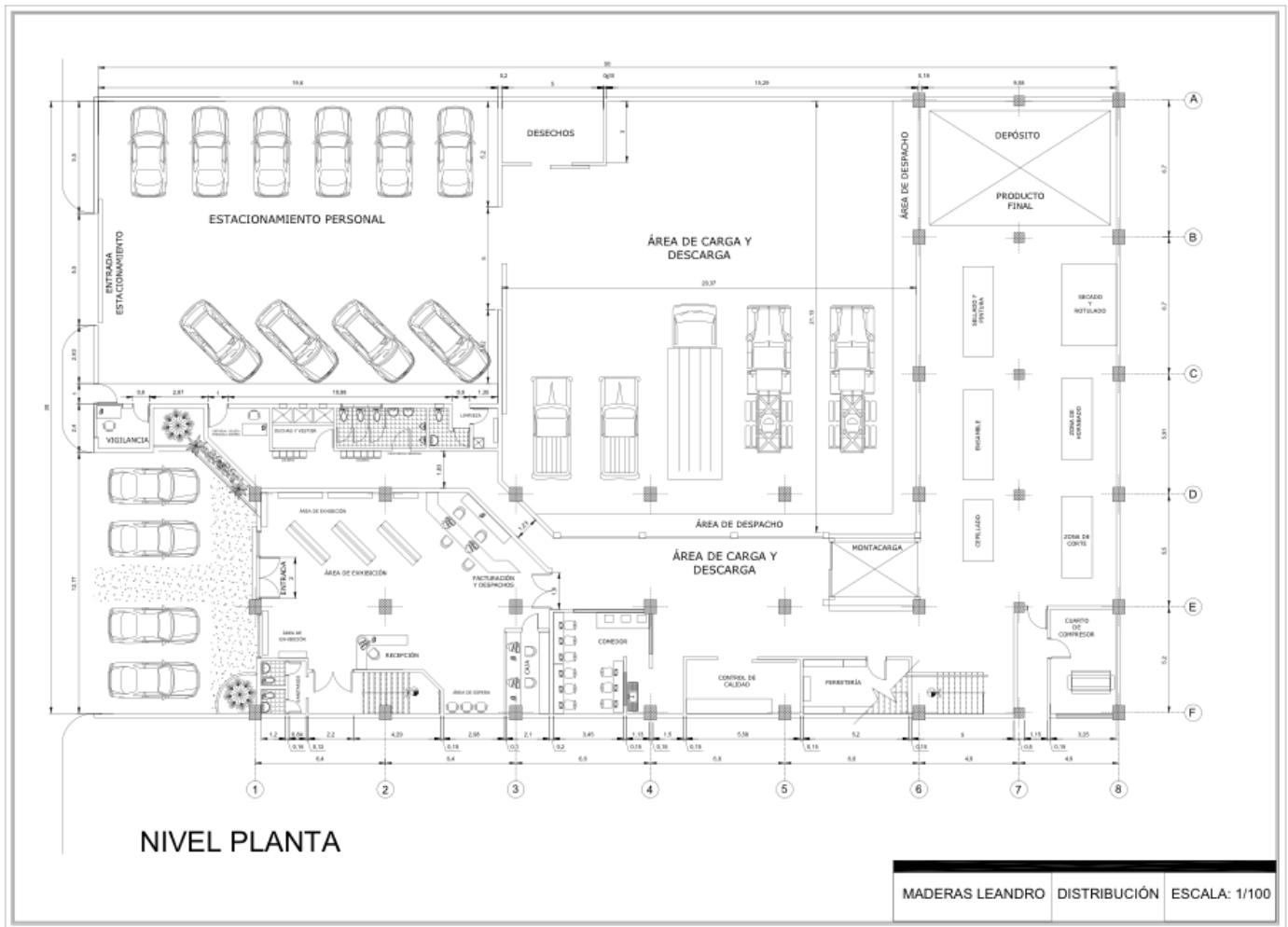
Para la elaboración a escala de la distribución de planta se consultó la Norma Técnica Colombiana NTC 1700 de Higiene y Seguridad Industrial, Medidas de Seguridad en Edificaciones y Medidas de Evacuación. De allí se tomaron las dimensiones adecuadas para los pasillos y escaleras.

Las dimensiones de las oficinas, estacionamiento, entre otros departamentos se realizaron tomando como referencia el tamaño actual de las oficinas y considerando el incremento de personal, así como la disposición del terreno.

El plano Layout muestra las potencialidades del terreno adquirido, así como una línea de producción sin reflujos ni excesivas demoras. Aunque es un plano realizado a escala se enfatiza que es la labor de un Ingeniero Civil levantar el plano en cuanto a columnas, tuberías de servicio, alcantarillado, entre otros factores, pero este plano Layout sirve como base para la realización de planos más detallados de construcción.

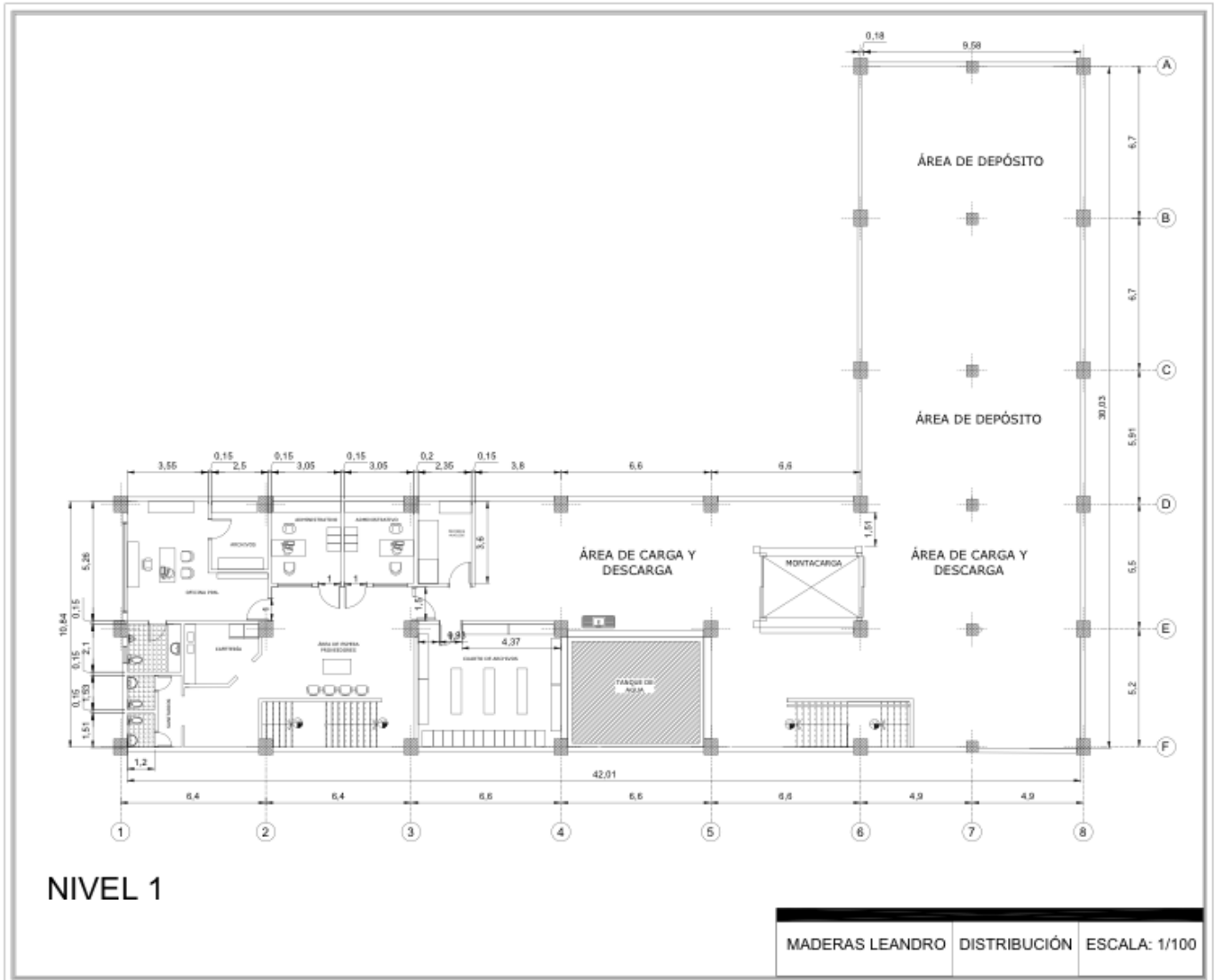
El plano de la distribución de planta propuesta se realizó en el software AutoCad y se muestra a continuación.

Ilustración 9. Plano Layout a escala planta baja.



(Fuente: Elaboración propia).

Ilustración 10. Plano layout a escala. Piso 1.



(Fuente: Elaboración propia).

Análisis de resultados.

El diagnóstico realizado a la organización actual de la empresa Maderas Leandro arrojó el gran problema que tienen en cuanto a la organización. Sus procesos técnicos y administrativos no se encuentran normados, carecen de un orden estratégico, y esto ha conllevado a no poder tener un registro de su nivel de producción.

Maderas Leandro deberá en su nueva planta procurar seguir con las normas de calidad y seguridad industrial, lo mismo repercutirá en forma directa en sus ganancias, ya que se tendrá un buen control de la materia prima y los insumos, una buena seguridad laboral incentivará a que los empleados rindan más en sus estaciones de trabajo.

A partir de los errores actuales se diseñaron cuatro alternativas de distribución de planta, las cuatro alternativas consideran la importancia de la relación entre los departamentos, la relevancia de la adaptabilidad de los procesos a nuevos productos, el diagrama del flujo del proceso, se procuró que fuera lineal o en U, y la distancia total recorrida.

El tipo de distribución que se aplicó fue el de Distribución por Proceso en vista de que el mismo permite la adaptabilidad a nuevos productos. En la zona de producción por otra parte se implementó un ordenamiento lineal, por línea de producción, tomando en consideración que los procesos de inmuebles de madera conllevan tres procesos principales: Corte, cepillado y ensamble. Distinguiéndose luego del último proceso, entre si el inmueble necesita de un tratamiento fitosanitario, pintura, secado y rotulado.

La alternativa D resultó ser la que más se apegó a los requerimientos establecidos de: Departamentos, personal, terreno, maquinaria, producto, proceso.

El plano layout realizado a escala en AutoCad a través del ordenamiento de departamentos propuesto por la alternativa D, permitió visualizar a modo real la distribución final de planta, aprovechando a plenitud el terreno de 1500 m², asegurando el aumento de la producción a futuro y el incursiónamiento de Maderas Leandro a nuevos mercados o servicios de la madera. La nueva distribución de planta permite una ampliación en la cuadrilla de personal, e incluso efectuar un nuevo orden de jerarquización de la empresa.

Costos e inversión de la propuesta de distribución.

Para calcular el costo, la inversión que debe hacer la empresa Maderas Leandro para implementar la distribución en su nueva planta ubicada en la zona industrial de Yumbo solo se debe hacer una vez, debido a que esta tiene una duración bastante considerable y no es necesario realizar gastos adicionales en un futuro cercano. Implementar esta propuesta de distribución va ligada con costos tanto de la relocalización y demarcación de las máquinas y pasillos; por ultimo una breve capacitación para los nuevos y antiguos trabajadores para así informarlos sobre las nuevas líneas de ensamble y de cómo ejecutarlas para lograr un proceso optimo de acuerdo al estudio realizado en la propuesta.

El proceso de redistribución necesitará de 3 a 5 operarios para la relocalización de las maquinas y materia prima en la nueva planta, la demarcación de la materia prima, ubicación de las maquinas y producto terminado se realizará aproximadamente en dos días en el cual también esta incluida la capacitación de los operarios para el manejo de las nuevas líneas de producción establecidas en la propuesta, esta deberá ser dictada por una persona experta en el tema de redistribución. Para poder realizar esta relocalización se contactará con una empresa de transporte de carga pesada para el alquiler de un montacarga de mas de una tonelada de capacidad para aproximadamente 3 días después de que la capacitación se haya realizado en la empresa.

El costo estimado para la realización de la propuesta esta entre ocho millones cuatrocientos mil pesos colombianos y diez millones de pesos colombianos.

Los cuales esta incluido:

- Ubicación de la maquinaria.
- Capacitación del personal.

Cuadro 7. Costos

Denominación de los costos	Valor
Diseño y planos	\$ 3.000.000
Alquiler de montacargas x 3 días	\$ 2.400.000
Equipo para demarcaciones	\$ 1.000.000
Insumos para operarios	\$ 500.000
Capacitación con experto	\$ 1.500.000
TOTAL	\$ 8.400.000

3. CONCLUSIONES.

- Luego de haber desarrollado los estudios y análisis cualitativos y cuantitativos se llegó a las siguientes conclusiones:
- La distribución de planta actual de Maderas Leandro presenta tiempos de recorrido y regresos de flujo que aumentan el tiempo de producción.
- Maderas Leandro presenta fallas en su sistema de documentación de procesos técnicos y administrativos.
- Para incursionar en la producción de estibas Maderas Leandro precisa de 21 departamentos o zonas principales.
- Los inmuebles de madera poseen una singularidad sin importar su forma o tamaño, siempre se necesita de tres procesos principales: Corte, Cepillado y Ensamble.
- Para la empresa de madera la distribución de planta más idónea es por Proceso, con una ordenación de equipos en línea.
- La alternativa D es la que más se adaptó a los requerimientos de: Terreno, relación entre departamentos, maquinaria, ampliación, personal.

RECOMENDACIONES.

- Realizar un análisis financiero para proyectar el incremento de personal de acuerdo a la nueva producción.
- Efectuar un análisis financiero detallado del costo de construcción de la nueva planta de Maderas Leandro.
- Los planos finales de planta deberán ser diseñados por un ingeniero civil, en conjunto con un ingeniero eléctrico e industrial.
- Documentar cada uno de los procesos administrativos y técnicos desarrollados en la empresa.
- Replantear la Misión, Visión y los objetivos de Maderas Leandro.

BIBLIOGRAFIA.

Gutierrez, H. P. (2013). Calidad total y productividad. En H. P. Gutierrez, *Calidad total y productividad*. Mexico: McGraw Hill Interamericana Editores.

Fernandez, V. E. (2011). *Diseño de una distribución de planta en las empresas estibas y carpintería Elguedo Ltda*. Universidad de Cartagena.

Ospina, J. (2016). *Propuesta de distribución de planta para aumentar la productividad en una empresa metalmecánica*. Universidad San Ignacio de Loyola .

Muñoz, D. A. (2012). *Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil en Cali*. Cali: Universidad ICESI.

Alberto Galindo Cota, E. V. (2010). Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. En E. V. Alberto Galindo Cota, *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. Mexico D.F.

Olga Perez Gosende, P. A. (1952). Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta. En P. A. Olga Perez Gosende, *Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta*.

Vaughn, R. C. (2005). Introducción a la ingeniería industrial. En R. C. Vaughn, *Introducción a la ingeniería industrial* (pág. 111). Ediciones Espasa- Calpe.

Sabater, J. P. (2013). Distribución en planta funcional. En J. P. Sabater, *Distribución en planta funcional*. Valencia: Universidad Pontificia de Valencia.

Perales, J. A. (2017). *Ingenieria Rural.com*. Obtenido de Ingenieria Rural.com: www.ingenieriarural.com

Muther, R. (1970). *Distribucion de planta*. New York: McGrawHill Book Company.

Kalenatic. (1993). *Modelo Integral de Produccion* (Vol. 11). Sevilla, España: U. Catolica.

Roger Santos et al, K. V. (2014). *Propuesta de diseño y distribucion de planta para la empresa Alambres y Mallas S.A.* Corporacion Universitaria Minuto de Dios Regional Soacha: Proyecto de grado.

Jessica Marcela, S. C. (2009). *Propuesta de un sistema de logística de distribución orientado a la mejora del servicio al cliente en la Ferretería CHP Materiales para Construcción*. Bucaramanga : Universidad Pontificia Bolivariana.

Brigitte Muñoz Giraldo, A. C. (2011). *Plan de Mejoramiento y análisis de la Gestión Logística del Almacenamiento en la Organización Herval Ltda.* Pereira: Universidad Catolica de Pereira.

Killian, Z. (2014). *Planificacion y control de la produccion publica* . Lito Formas .

Heizer, J. R. (2006). *Direccion de produccion desiciones tacticas 4 Edicion*. En J. R. Heizer, *Direccion de produccion desiciones tacticas 4 Edicion*. Madrid: Prentice Hall.

Gomez, H. S. (2007). *Gerencia estrategica*. En H. S. Gomez, *Gerencia estrategica*. Bogota: 3R Editores.

Manual de proyecto de plantas. Rosario: Facultad de Ingenieria Quimica.

