

Diseño del Lay Out para la Relocalización de una Empresa Metalúrgica

Ponce, Damián Edilberto
Rogers, Kevin Reimond

Trabajo Final de la Carrera de Ingeniería Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata - Fecha: 25/07/19



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Título del trabajo

Diseño del Lay Out para la relocalización de una empresa Metalúrgica

Autores

Ponce, Damián Edilberto

Rogers, Kevin Reimond

Nombre y procedencia de los evaluadores

Ing. Alejandra Esteban- Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Ing. Raúl Dematteis - Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Nombre y procedencia del Director

Mg. Ing. Claudia Zárate - Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Índice

Índice	iii
Índice de Figuras	v
Índice de Tablas	vii
Resumen	viii
Palabras claves	viii
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Descripción de la empresa	9
1.2 Descripción de la Problemática	10
1.3 Definición de objetivos	12
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Localización	14
2.1.1 Selección de la localización por criterios múltiples.....	15
2.1.2 Proceso de análisis jerárquico.....	15
2.1.3 Evaluación del modelo	18
2.1.4 Evaluación del modelo en el PAJ	20
2.2 Diseño de Instalaciones de Manufactura	22
2.3 Sucesión de Pasos a Realizar para Diseñar la Distribución en Planta	22
2.4 Herramientas del Estudio de Métodos y de la Distribución en Planta	23
2.4.1 Cursograma Analítico	23
2.4.2 Diagrama de Recorrido	24
2.4.3 Diagrama de Relación de Actividades	24
2.4.4 Diagrama Adimensional de Bloques.....	25
2.4.5 Requerimientos de espacios de Servicios Auxiliares	26
2.5 Manejo de materiales	28
2.5.1 Objetivos del manejo de materiales.....	29
2.5.2 Veinte principios del manejo de materiales.....	29

2.6 Evaluación de la distribución.....	31
3. DESARROLLO	32
3.1 Relevamiento	32
3.1.1 Localización actual de la planta.....	32
3.1.2. Cadena de suministro de Steel.....	32
3.1.3 Productos	33
3.1.4 Maquinaria	37
3.1.5 Equipamiento de Manejo de Materiales.....	45
3.1.6 Capacidad de las instalaciones	47
3.1.7 Los procesos productivos	48
3.1.8 Dimensiones actuales de la planta	59
3.1.9 Producción histórica	61
3.2 Diagnóstico	64
3.2.1 Determinación de la capacidad ociosa	64
3.2.2 Análisis de los veinte principios del manejo de materiales aplicados al caso de estudio	66
3.3 Oportunidades de mejora identificadas	70
3.4 Propuesta de mejora	71
3.4.1 Localización.....	72
3.4.2 Diseño de la Distribución en Planta	81
3.4.3 Análisis de resultados.....	104
4. CONCLUSIONES	112
5. BIBLIOGRAFÍA	113
6. ANEXO	114

Índice de Figuras

Figura 1: Organigrama de la Empresa.....	10
Figura 2: Almacén MP	12
Figura 3: Líneas de producción sin instalar	12
Figura 4: Árbol de Jerarquías	18
Figura 5: Escala de Saaty	19
Figura 6: Índices de consistencias.....	20
Figura 7: Esquema de Bloques Fuente: Elaboración Propia.....	25
Figura 8: Sector de recepción/envíos	27
Figura 9: Perfil de acero "C"	34
Figura 10: Perfil de acero "U"	35
Figura 11: Chapa acanalada	36
Figura 12: Láminas de acero.....	37
Figura 13: Perfiladora China.....	38
Figura 14: Perfiladora China.....	38
Figura 15: Dimensiones Perfiladora China	39
Figura 16: Perfiladora Nacional IVANAR.....	39
Figura 17: Perfiladora Nacional IVANAR.....	40
Figura 18: Dimensiones Perfiladora Nacional IVANAR.....	40
Figura 19: Línea OLMA	41
Figura 20: Línea OLMA	41
Figura 21: Dimensiones Línea OLMA.....	41
Figura 22: Línea FAGOR.....	42
Figura 23: Dimensiones Línea FAGOR	43
Figura 24: Línea UNGERER	43
Figura 25: Línea UNGERER	44
Figura 26: Línea UNGERER	44
Figura 27: Puente Grúa.....	45
Figura 28: Camión con brazo hidráulico	46
Figura 29: Zorra hidráulica	47
Figura 30: Cursograma analítico Perfiles C (Perfiladora China).....	49
Figura 31: Diagrama de recorrido Perfiles C (Perfiladora China).....	50
Figura 32: Cursograma analítico Perfiles C (IVANAR).....	51
Figura 33: Diagrama de recorrido Perfiles C (IVANAR)	52
Figura 34: Cursograma analítico chapa acanalada.....	53
Figura 35: Diagrama de recorrido chapa acanalada.....	54

Figura 36: Cursograma analítico láminas de acero (FAGOR).....	55
Figura 37: Diagrama de recorrido láminas de acero (FAGOR)	56
Figura 38: Cursograma analítico láminas de acero (UNGERER).....	57
Figura 39: Diagrama de recorrido láminas de acero (UNGERER)	58
Figura 40: Distribución actual de la Planta.....	60
Figura 41: Paquetes de producto terminado CARGA UNITARIA.....	67
Figura 42: Índices de consistencias	78
Figura 43: Vector de Jerarquización	79
Figura 44: Lote del Parque industrial	80
Figura 45: Flejadora	84
Figura 46: Diagrama de relación de actividades	86
Figura 47: Diagrama adimensional de bloques.....	87
Figura 48: Sistema Rolblock de almacenamiento de bobinas.....	90
Figura 49: Sistema Rolblock de almacenamiento de bobinas.....	90
Figura 50: Esquematación de una bobina.....	92
Figura 51: Esquematación del apilado de bobinas.....	93
Figura 52: Sistema Storageblocks	95
Figura 53: Sistema Storageblocks	95
Figura 54: Forma de apilación de perfiles C	98
Figura 55: Gancho de elevación	102
Figura 56: Plan Maestro de la nueva distribución	103
Figura 57: Diagrama de recorrido perfiles (línea china) nueva distribución.....	105
Figura 58: Diagrama de recorrido perfiles (línea IVANAR) nueva distribución	106
Figura 59: Diagrama de recorrido láminas (línea UNGERER) nueva distribución.....	107
Figura 60: Diagrama de recorrido láminas (línea FAGOR) nueva distribución.....	108
Figura 61: Diagrama de recorrido chapas acanaladas (línea OLMA) nueva distribución	109

Índice de Tablas

Tabla 1: Capacidad de las líneas de producción	48
Tabla 2: Capacidad en superficie de almacenes	48
Tabla 3: Resumen cursogramas analíticos.....	59
Tabla 4: Producción del año 2017	62
Tabla 5: Producción del transcurso del año 2018.....	63
Tabla 6: Utilización de la capacidad (Año 2017 y 2018)	65
Tabla 7: Proximidad al cliente.....	73
Tabla 8: Facilidades y Servicios de Soporte	73
Tabla 9: Promoción Industrial.....	73
Tabla 10: Criterios	73
Tabla 11: Proximidad al cliente.....	74
Tabla 12: Promoción Industrial	74
Tabla 13: Facilidades y servicios de soporte	74
Tabla 14: Criterios	75
Tabla 15: Vector Prioridad de Criterios.....	75
Tabla 16: Matriz de prioridad.....	76
Tabla 17: Producción objetivo	82
Tabla 18: Tasas de planta	83
Tabla 19: N° de máquinas	83
Tabla 20: Listado de áreas a relacionar.....	85
Tabla 21: Razón de cercanías.....	86
Tabla 22: Requerimientos de espacios para estaciones de manufactura	88
Tabla 23: Especificaciones técnicas Rollblocks.....	89
Tabla 24: Especificaciones técnicas Storageblocks.....	95
Tabla 25: Comparación de producción obtenida con producción actual	104
Tabla 26: Comparativa Cursogramas analíticos	110
Tabla 27: Indicadores de productividad	110

Resumen

En este trabajo se aborda la problemática de una empresa metalúrgica que realiza sus operaciones de fabricación de productos en el Parque Logístico de León de Medina, en el Partido de General Pueyrredón. La empresa se encuentra en una etapa de expansión y como consecuencia de ello, ha incorporado, sin ningún tipo de planificación, nuevos trabajadores y maquinarias obteniendo de esta forma soluciones parciales a las problemáticas presentadas pero generando nuevas debido a dicha falta de planificación. En consecuencia se propone el diseño de una nueva instalación, que incluye tanto la relocalización como la distribución en planta, siguiendo la metodología que tradicionalmente se aplica en estos casos. Considerando los factores que se determinaron como prioritarios y valiéndose del Proceso Analítico de Jerarquías se determina que la mejor ubicación de la planta es en el Parque Industrial General Savio. Se pronosticaron las ventas futuras a partir de los datos históricos y considerando las políticas de la empresa. Se relevaron los procesos, detectándose las oportunidades de mejora. Con esta información y teniendo en cuenta las prioridades competitivas de la empresa se diseñó la nueva distribución en planta. El análisis de la misma permite afirmar que se alcanzan los valores objetivo de producción y se disminuye sensiblemente el tiempo de entrega. El equipamiento de movimiento de materiales sugerido permite proyectar un trabajo seguro y menos fatigoso para los operarios. Los indicadores de productividad demuestran claramente el mejoramiento del aprovechamiento de los recursos. La metodología propuesta para el diseño de las instalaciones de manufactura permitió alcanzar los objetivos planteados de manera sistemática e integral.

Palabras claves

Diseño de instalaciones. Perfiles de acero. Láminas de acero. Localización. Proceso analítico de Jerarquías. Estudio del trabajo

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, tanto positiva como negativamente al igual que el resto de las decisiones estratégicas importantes. La calidad, el costo del producto y la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación.

Cuando se trata del diseño de la instalación de manufactura se hace referencia a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía. Incluye la localización de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales.

En este trabajo se aborda el diseño de instalaciones de una empresa radicada en los alrededores de la ciudad de Mar del Plata que actualmente se encuentra en expansión y está considerando su relocalización y una nueva distribución en planta.

1.1 Descripción de la empresa

Este trabajo se desarrolla sobre una empresa denominada “Steel”, cuyo nombre se mantiene ficticio con el objetivo de mantener la confidencialidad de los datos.

Steel produce chapas y perfiles de acero de diferentes tamaños para la construcción.

La empresa nació en el año 2012 como consecuencia de que sus dueños se dedicaban exclusivamente a la comercialización de estos productos. El conocimiento del mercado, permitió que pudieran comenzar con la fabricación de algunos de ellos. En la actualidad, la empresa se dedica únicamente a la fabricación, y la venta se ha tercerizado a otra empresa. Esta empresa cuenta con sedes ubicadas en Mar del Plata, Pinamar, Olavarría y Necochea y vende tanto los productos de Steel como otros productos.

Para caracterizar la organización de la empresa, se presenta en figura 1 el organigrama.

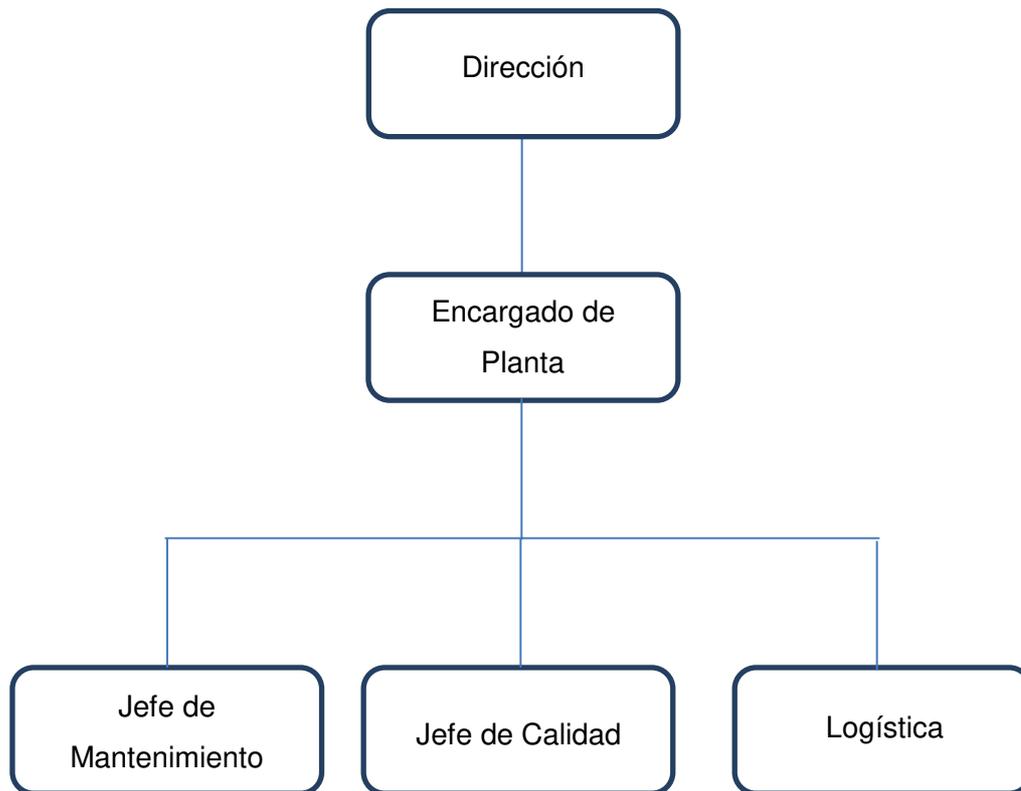


Figura 1: Organigrama de la Empresa

Fuente: elaboración propia

La empresa se encuentra formada por el dueño quien conforma la dirección y una nómina de 8 empleados.

1.2 Descripción de la Problemática

Actualmente, la empresa se encuentra en tiempos de crecimiento a nivel de demanda y producción. Como consecuencia de ello, ha incorporado, sin ningún tipo de planificación, nuevos trabajadores y maquinarias obteniendo de esta forma soluciones parciales a las problemáticas presentadas pero generando nuevas debido a dicha falta de planificación. Actualmente Steelno es capaz de satisfacer la totalidad de la demanda y a esto se suma el hecho de que el tamaño y uso de sus instalaciones actuales está generando dificultades para enfrentar el día a día. Es por esto que la dirección se encuentra con el nuevo desafío de rediseñar y/o relocalizar la planta.

Por otro lado, otro de los potenciadores de esta inversión es el alcance de nuevos mercados. Este no es un aspecto menor, ya que se detectó que en el sur de la provincia de

Buenos Aires no existe otro proveedor de productos metalmecánicos, generando así una gran oportunidad de expandir fronteras y dejar de ser un productor regional para pasar a ser un eje en el mercado metalúrgico a nivel provincial y en el futuro, a nivel nacional. Es importante destacar que, para un potencial cliente en dicho nicho de mercado, los costos de adquisición de materia prima en Steel resultan similares a cualquier otro productor de la ciudad de Buenos Aires, por lo que ante una igualdad de costos, el cliente puede priorizar el tiempo de entrega favoreciendo la localización de Steel frente a los productores ubicados en Buenos Aires.

Los aspectos claves a mejorar son el espacio y su distribución, como también analizar la capacidad de la planta. La planta actual de Steel posee una superficie de 2000 m² pero que se encuentran usados de forma muy ineficiente. A modo de ejemplo, se puede mencionar el almacén de materias primas. Este contiene la totalidad de las bobinas, que son su único insumo, apiladas una arriba de la otra debido a la falta de espacio, dificultando su retiro cuando se desea comenzar con la producción y arriesgando una degradación en la calidad de las materias primas. La figura 2 corresponde a dicho sector, en el que se observan las bobinas apiladas sin ningún tipo de orden.

En segundo lugar, otro aspecto que dificulta la actividad son las chatarras (mermas de los procesos productivos) y maquinarias sin utilizar distribuidas a lo largo de todas las instalaciones. Actualmente se poseen tres líneas sin instalar imposibilitando la presencia de un almacén de mayor superficie y generando severas dificultades en lo que respecta a movimientos de materiales. Dichas líneas se pueden observar en la figura 3.

El cambio de inmueble, además de mejorar los flujos de recursos y el manejo de materiales, estableciendo de forma clara la distribución de los almacenes, es una oportunidad para mejorar la productividad, y disminuir el tiempo entrega. Uno de las estrategias que se busca implementar como consecuencia del aumento en la demanda es la de producir para stock, lo que permitiría lograr un tiempo de entrega prácticamente inmediato y mejorar la satisfacción del cliente.

Una característica del actual negocio de Steel es que la demanda es manejada por pedidos, por lo tanto las necesidades de producir pueden ser muy diferentes de un día para el otro. Esto genera que no siempre se tenga la velocidad buscada de respuesta, debido a que estos deben ser elaborados en su totalidad la mayoría de las veces. Ante esto, un correcto dimensionamiento de los almacenes que pueda contemplar esta problemática resulta determinante.



Figura 2: Almacén MP



Figura 3: Líneas de producción sin instalar

1.3 Definición de objetivos

En función de la problemática presentada, se define el objetivo general como:

“Diseñar la instalación – que incluye la localización, distribución en planta y selección de equipos de movimiento de materiales-, de una empresa dedicada a la fabricación de productos de acero, que se encuentra localizada en el parque logístico de León Medina de Mar del Plata y que posee un potencial mercado en todo el sur de la provincia de Buenos Aires”.

Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la mejor ubicación de la planta a través de un estudio de localización
- Describir el proceso actual de producción
- Estudiar los patrones de flujo del material
- Analizar y nivelar la carga de trabajo
- Analizar el equipo de manejo de materiales
- Proponer mejoras
- Determinar los requerimientos de espacio total
- Desarrollar un plan maestro (“producto terminado del proyecto de diseño de las instalaciones”) en que se ajusten los requerimientos al nuevo inmueble

Luego de presentada la problemática a abordar, se detallan las secciones en las que será estructurado el trabajo:

- Marco teórico: en el mismo se exponen los principales conceptos que se requieren para aplicar en forma correcta la metodología correspondiente del diseño de instalaciones de manufactura
- Desarrollo: se expone el detalle de la situación actual, análisis de la misma y propuestas de mejora
- Resultados: se presentan los resultados producto de desarrollar la propuesta
- Conclusiones: se presentan en esta sección un resumen de las tareas realizadas y las principales conclusiones.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentan los conceptos teóricos referidos a la localización de instalaciones de manufactura, el diseño de instalaciones y la selección de equipos de movimiento de materiales, que sustentan la propuesta del trabajo. Se abordan las definiciones y principales ideas que actualmente se tienen presentes al momento de plantear un nuevo diseño de instalaciones. Se considera el concepto de la manufactura esbelta como un modelo a seguir. Se plantean los pasos requeridos para el correcto diseño de la distribución en planta, pasos que en general todos los autores coinciden. También se describen las principales pautas para la selección de equipos para el movimiento de los materiales, área que actualmente se considera como una de las formas más probadas para mejorar la eficiencia de los procesos productivos.

2.1 Localización

La localización de la instalación es el proceso por el cual se elige el lugar geográfico para realizar las operaciones de una organización (Krajewsky, et al., 2008). Las opciones de localización pueden tener una importancia crucial para las empresas y producen un profundo impacto en su cadena de valor. La localización de las instalaciones de una empresa tiene un impacto significativo en los costos de operación de la compañía, los precios que ésta determina y la capacidad que tiene para competir en el mercado y penetrar en nuevos segmentos de clientes. Krajewsky et al. (2008) presenta un proceso sistemático para seleccionar la localización de una única instalación que implica los siguientes pasos:

1. Identificar los factores importantes de localización. Dichos factores deben cumplir con al menos una de estas dos condiciones:
 - El factor tiene que ser sensible a la localización.
 - El factor debe tener un fuerte impacto en la capacidad de la empresa para alcanzar sus metas.

Luego de identificados los factores, deben ser clasificados endominantes o secundarios. Los dominantes se derivan de las prioridades competitivas (costo, calidad, tiempo y flexibilidad) y tienen un efecto particularmente poderoso sobre las ventas o costos. Los factores secundarios también son importantes, pero la gerencia tiene la posibilidad de restar importancia o incluso ignorar algunos de ellos si otros factores son más importantes.

2. Considerar regiones alternativas. Reducir las opciones a comunidades alternativas y por último a sitios específicos.
3. Recopilar datos acerca de las alternativas.
4. Analizar los datos recopilados, comenzando por los factores cuantitativos.
5. Incorporar a la evaluación los factores cualitativos correspondientes a cada sitio.

Para seleccionar la mejor solución se deben combinar los factores cualitativos y cuantitativos mediante el apoyo de herramientas multicriterio para la toma de decisiones. Después de haber examinado minuciosamente todos los posibles sitios, se prepara un informe final con las recomendaciones al respecto, juntos con un resumen de los datos y análisis que fueron utilizados para la decisión. (Krajewski, et al., 2008).

2.1.1 Selección de la localización por criterios múltiples.

Para la selección de la localización de una planta se requieren analizar múltiples criterios. Es por ello que se utilizarán metodologías de apoyo a la toma de decisiones en escenarios de múltiples criterios de selección. Para el tratamiento y el análisis apropiado de este tipo de problemas se han desarrollado, en las últimas décadas, un gran número de métodos de decisión multicriterio, todos ellos de gran interés y de importante aplicación en la práctica. Estos métodos persiguen eliminar las conjeturas improvisadas, el pensamiento no explicado, injustificado e intuitivo que en ocasiones acompaña a la mayoría de las decisiones que se toman con respecto a problemas complejos (Martínez Rodríguez, 2007). Estos procedimientos permiten considerar tanto criterios cuantitativos monetarios y no monetarios como criterios cualitativos.

Es por ello, que el proceso elegido para analizar y proponer una solución al problema de la localización de la planta estudiada es el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), que es una herramienta que permite tomar decisiones en base a criterios múltiples. Esta es una metodología de trabajo sencilla, lógica y estructurada, basada en la descomposición del problema en una estructura jerárquica. (Martínez Rodríguez, 2007).

2.1.2 Proceso de análisis jerárquico

2.1.2.1 Metodología

El PAJ, desarrollado por Saaty (1980) está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. Según Toskano Hurtado (2005), el proceso requiere que, quien toma las decisiones, proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia

relativa de cada uno de los criterios y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del PAJ es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

En un ambiente de certidumbre el PAJ proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión. Adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes en algunos casos. El PAJ, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar.

El PAJ es una herramienta metodológica que ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión. Algunas de las ventajas del PAJ frente a otros métodos de decisión multicriterio son:

- Presenta un sustento matemático.
- Permite desglosar y analizar un problema por partes.
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- Incluye la participación de diferentes personas o grupos de interés y genera un consenso.
- Permite verificar el índice de consistencia y hace las correcciones, si corresponde.
- Genera una síntesis y da la posibilidad de realizar un análisis de sensibilidad.
- Es de fácil uso y permite que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

2.1.2.2 Estructuración del modelo jerárquico

Una de las partes más relevantes del PAJ consiste en la estructuración de la jerarquía del problema, etapa en la cual el grupo decisor involucrado debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes.

La jerarquía básica está conformada por una meta y objetivo general, criterios y alternativas. Los pasos a seguir para la estructuración del modelo jerárquico son:

1. Identificación del Problema.

Es la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone o la priorización (ranking) de ellas. Dichas

alternativas serán comparadas unas con otras mediante la evaluación de criterios establecidos que permitan conocer los pros y los contras incorporados en cada una de ellas. Normalmente se requiere invertir varias horas para identificar el problema real y principal, lo cual puede darse después de una serie de discusiones en las que se han listado muchos problemas y es necesario priorizarlos y decidir cuál se seleccionará para su análisis. (Toskano Hurtado, 2005).

2. Definición del Objetivo.

Un objetivo es una dirección identificada para mejorar una situación existente. El mismo está en un nivel independiente y los otros elementos de la jerarquía que serán los sub-objetivos o criterios, subcriterios y alternativas apuntan en conjunto a la consecución del mismo. Hay objetivos de largo, mediano y corto plazo y esta diferenciación influirá directamente en la construcción del modelo jerárquico. Serán establecidos por el grupo decisor involucrado. Vale la pena tener en cuenta que la definición de objetivos puede ser una tarea difícil porque algunas veces serán contrapuestos entre las personas. No obstante, estos deben representar las necesidades e intereses generales. (Toskano Hurtado, 2005).

3. Identificación de Criterios.

Son las dimensiones relevantes que afectan a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión. Se deben incluir aspectos cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta al momento de decidir. Normalmente hay aspectos cualitativos que pueden incidir fuertemente en la decisión, pero que no son incorporados debido a su complejidad para definirles algún esquema de medición que revele su grado de aporte en el proceso de toma de decisión.

4. Identificación de Alternativas.

Corresponden a propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general. Cada una de las alternativas presenta características con pro y contras.

2.1.2.3 Árbol de jerarquías

Consiste en elaborar una representación gráfica del problema en términos de la meta global, los criterios y las alternativas de decisión. La figura recibe el nombre de Árbol de Jerarquías e ilustra la jerarquía para el problema, dicho modelo de árbol se puede apreciar en la figura 4.

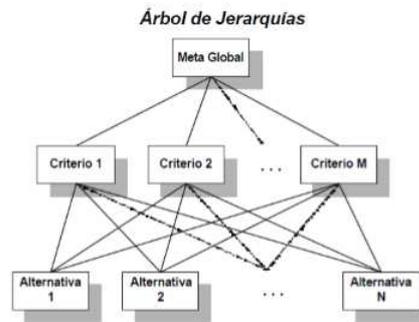


Figura 4: Árbol de Jerarquías

La construcción de arriba hacia abajo se inicia con la identificación de los criterios más globales, es decir desde lo más general hasta lo más particular. De esta manera, todos los aspectos generales recopilados en la definición del problema están presentes en ese primer nivel a manera de criterios. Cada uno debe ir acompañado de una descripción de lo que significa. Si se requiere, de los mismos pueden desprenderse subcriterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.

2.1.3 Evaluación del modelo

En la evaluación se examinan los elementos del problema aisladamente por medio de comparaciones binarias utilizando la base matemática del PAJ que se describe a continuación. Los pasos a seguir para la evaluación de los componentes del modelo jerárquico son:

1. Establecimiento de las prioridades

El PAJ, pide a quien toma las decisiones señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio. Se utilizan comparaciones binarias para establecer medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión. Las comparaciones binarias son las bases fundamentales del PAJ. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos, dicha escala se puede ver en la figura 5.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Figura 5: Escala de Saaty

Estas valoraciones se presentan en las matrices de comparaciones binarias de manera tal de desarrollar las prioridades de las alternativas en términos de cada criterio de selección y también para fijar las prioridades para la totalidad de los criterios en términos de la importancia que cada uno tiene al contribuir al objetivo o meta global.

2. Sintetización

Una vez que se elaboran las matrices de comparaciones binarias se puede calcular lo que se denomina prioridad de cada uno de los elementos que se comparan. El proceso matemático preciso que se requiere para realizar tal sintetización implica el cálculo de valores y vectores característicos. Estos vectores proporcionan las prioridades relativas de las alternativas de decisión respecto a cada criterio y también las prioridades relativas de los criterios respecto al objetivo o meta global.

El proceso matemático preciso que se requiere para realizar esta etapa implica el cálculo de valores y vectores característicos según los siguientes pasos:

Paso 1: Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones binarias.

Paso 2: Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna; a la matriz resultante se la denomina matriz de comparaciones binarias normalizada.

Paso 3: Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

Realizando los cálculos correspondientes se obtienen los coeficientes para cada uno de los criterios en función de las alternativas y los coeficientes para las alternativas en función del objetivo global.

3. Análisis de consistencia

Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

El grado de consistencia (RC) es calculado para cada uno de los criterios según la fórmula ($RC = (IC/IA)$). Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes.

Para realizar el cálculo del grado de consistencia se debe tener en cuenta el índice de consistencia aleatoria (IA), es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones binarias generada en forma aleatoria y se relaciona con el índice de consistencia para calcular el grado de consistencia. El IA depende del número de elementos que se comparan, y asume los valores de la siguiente figura (figura 6).

Nº de Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Figura 6: Índices de consistencias

4. Resultado final

Una vez realizada la totalidad de comparaciones se obtiene el resultado final consensuado: ordenamiento de las alternativas. Este resultado está basado entonces, en las prioridades, en la emisión de juicios y evaluación hecha a través de las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, llevada a cabo por los actores. (Toskano Hurtado, 2005)

2.1.4 Evaluación del modelo en el PAJ

1. Establecimiento de las prioridades

Una matriz de comparaciones binarias es una matriz cuadrada que contiene comparaciones binarias de alternativas o criterios. Sea A una matriz nxn.

“A” es una matriz de comparaciones binarias de n alternativas, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en la fila i cuando se la compara con la alternativa de la columna j. Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, pues se está comparando la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Además se cumple que: $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

El PAJ se sustenta con los siguientes axiomas:

Axioma 1: Referido a la condición de juicios recíprocos: Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que $a_{ij} = 1 / a_{ji}$

Axioma 2: Referido a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud o jerarquía.

Axioma 3: Referido a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente, existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

Axioma 4: Referido a la condición de expectativas de orden de rango, las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

El establecimiento de prioridades se lleva a cabo por medio de comparaciones binarias de cada criterio frente a cada una de las alternativas de localización, utilizando la escala de Saaty.

2.2 Diseño de Instalaciones de Manufactura

El proceso de diseño de instalaciones de manufactura implica la organización física de las instalaciones de la compañía, con el objetivo de promover el uso eficiente de sus recursos. Este diseño afecta a la productividad y rentabilidad de la empresa en el largo plazo.

Dentro de las labores involucradas en el proceso de diseño se incluyen la localización, el diseño del inmueble, la distribución en planta y el manejo de materiales. En la mayoría de los casos, la localización suele ser una decisión del nivel jerárquico superior de la organización y se fundamenta en cuestiones estratégicas como la cercanía a los mercados, los sistemas de transporte o las fuentes de materia prima. Por otro lado, el diseño del inmueble es responsabilidad del arquitecto.

La distribución en planta es la labor que contempla el arreglo físico de máquinas, equipos de producción, estaciones de trabajo, personal y ubicación de materiales de todo tipo. Es el resultado final del proyecto de diseño de la instalación (Meyer, 2006).

El manejo de materiales, por su parte, define la forma de mover el material con equipos para eliminar tareas pesadas y/o repetitivas para los operarios, permitiéndoles, entre otras cosas, concentrar más tiempo en su puesto de trabajo, disminuir la fatiga y aumentar la productividad. Su propósito es llevar el material correcto al lugar indicado y en la cantidad apropiada para ejecutar correctamente los procedimientos.

2.3 Sucesión de Pasos a Realizar para Diseñar la Distribución en Planta

La calidad del diseño de una instalación de manufactura (plano de la distribución de la planta) depende de lo bien que el planeador recolecta y analiza los datos básicos. La siguiente es una forma sistemática de pensar en una distribución de planta. Cabe destacar que ha sido adaptada de la propuesta por Meyers /2006)

1. Proyección de producción objetivo (determinación de lo que se producirá)
2. Calculo de tasa de planta objetivo
3. Calculo de numero de maquinarias necesarias
4. Diseño del proceso
5. Estudio de relación de actividades (diagrama de relación de actividades, diagrama adimensional de bloques)

6. Cálculo de Requerimientos de espacios para estaciones de manufactura
7. Cálculo de Requerimientos de espacios para servicios auxiliares
8. Cálculo de Requerimientos de espacios para los empleados
9. Selección de equipos para movimiento de materiales y Cálculo de Requerimientos de espacios
10. Representación de distribución final

2.4 Herramientas del Estudio de Métodos y de la Distribución en Planta

Se presentan a continuación dos herramientas que se requieren para el relevamiento y mejoramiento de los procesos propuestos por el Estudio de Métodos como son el cursograma analítico y diagrama de recorrido asociado. Posteriormente se presentan los principales conceptos referidos a la gráfica de relación de actividades y su correspondiente diagrama adimensional de bloques, requerida en el paso nº5 del procedimiento recomendado por Meyers, citado anteriormente. Finalmente se presentan los principales aspectos a tener en cuenta para calcular los espacios necesarios de los servicios auxiliares, tales como las áreas correspondientes a la Recepción, Envíos y servicios al personal.

2.4.1 Cursograma Analítico

El cursograma analítico es un diagrama que registra, en forma de cuadro y con alto grado de detalle, la trayectoria de un producto o procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen con el símbolo que corresponda. En este sentido, la Organización Internacional del Trabajo (1998) propone emplear la siguiente simbología:

- OPERACIÓN: Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. En general, la pieza, materia o producto del caso se modifica o cambia durante la operación.
- INSPECCIÓN: Indica el control de calidad y/o verificación de la cantidad.
- TRANSPORTE: Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
- DEPÓSITO PROVISIONAL O ESPERA: Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo de cualquier objeto hasta que se necesite.

▽ ALMACENAMIENTO PERMANENTE: Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se lo recibe o entrega mediante alguna forma de autorización.

Según sea que se registre lo que hace la persona que trabaja, cómo se manipula el material o cómo se utiliza un equipo, el cursograma analítico podrá ser basado en el operario, en el material o en el equipo.

2.4.2 Diagrama de Recorrido

El diagrama de recorrido suele acompañar al cursograma analítico mostrando, sobre el plano de la planta, cada uno de las tareas relevadas. Esta disposición permite visualizar más fácilmente las distancias recorridas por las partes y la secuencia de operaciones.

Una de las principales utilidades de este diagrama consiste en facilitar la identificación de tráfico cruzado en aquellos lugares donde las líneas de flujo se cruzan. El tráfico cruzado es indeseable tanto por el riesgo de accidentes que contrae como por el hecho de que está asociado a retrocesos e ineficiencias en la distribución. Según Meyers (2006), la mayor parte del tráfico cruzado se elimina con la colocación apropiada del equipo, los servicios y los departamentos.

2.4.3 Diagrama de Relación de Actividades

El diagrama de relación de actividades tiene el objetivo de lograr un flujo conjunto adecuado no solo de la manufactura sino de todos los departamentos, servicios e instalaciones de la organización. Cada uno debe situarse de manera apropiada en relación con los demás.

Esta herramienta, que también se conoce como diagrama de análisis de afinidades, muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios con cualquier otro de estos. Para ello utiliza códigos de relación que reflejan la afinidad o no entre sectores, que responden la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento estar cerca de otro? La elección de un código u otro es el resultado de una combinación de componentes cuantitativos y cualitativos. Los códigos utilizados son los siguientes:

- A: Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro.
- E: Especialmente importante.
- I: Importante.

- O: Ordinariamente importante.
- U: Sin importancia.
- X: No deseable.

Disponer de esta información será fundamental para cumplir con el objetivo de satisfacer tantas relaciones como sea posible a fin de crear la distribución más eficiente posible. Los códigos X son tan importantes como los A, pero por la razón opuesta.

Además, el diagrama de relación de actividades puede contener códigos de razón. Estos últimos funcionan como asteriscos de los códigos de relación y son una especie de recordatorio del motivo por el cual se escogió un código de relación u otro.

2.4.4 Diagrama Adimensional de Bloques

La técnica del diagrama adimensional de bloques utiliza la información plasmada en el diagrama de relación de actividades para realizar el primer boceto de la distribución en planta. Este diagrama consta de un bloque por área en el que se encuentran identificados los requerimientos de proximidad a respetar a la hora del diseño de la distribución, tal como muestra la figura 7.



Figura 7: Esquema de Bloques
Fuente: Elaboración Propia

Una vez planteadas las plantillas, se las coloca en un arreglo que satisfaga tantos códigos de actividad como sea posible. Meyers (2006) plantea la conveniencia de comenzar a trabajar con aquella actividad que tenga mayor cantidad de códigos de cercanía A y X, continuar progresivamente con las demás relaciones con código A y solo después considerar las relaciones menos importantes (E, I y O).

Como su nombre lo indica, la distribución resultante será adimensional debido a la carencia de forma y dimensiones espaciales de las áreas.

2.4.5 Requerimientos de espacios de Servicios Auxiliares

Recepción y envíos

Recepción y envíos constituyen dos departamentos por separado, pero tienen requerimientos similares de personal, equipo y espacio. Estos podrían situarse tanto uno junto al otro como uno en cada extremo de la planta. La ubicación de ambos departamentos tiene un gran efecto en el flujo de material dentro de ésta. El departamento de recepción es el inicio del flujo del material, mientras que el de envíos es el final.

El flujo de los materiales es más eficiente si pasa en forma recta a través de la planta: recibir en un lado de ella y enviar en el otro.

Elegir un lugar para hacer los envíos y las recepciones cerca los unos de los otros, o en lados opuestos de la planta, es una decisión difícil que se basa en el equilibrio de las ventajas y las desventajas. El resultado será un código de actividad A o X. El planeador de las instalaciones y la administración tendrán que hacer la elección y ésta dictará el flujo del material por la planta.

Instalaciones requeridas por el departamento de recepción y envíos

Puertas para plataformas, rampas, pasillos, estacionamientos exteriores, espacio para maniobrar, corredores y oficinas, son algunos ejemplos de las instalaciones que se necesitan en los departamentos de recepción y envíos. Su número y tamaño dependen del producto o productos, el tamaño de éstos y las cantidades que se reciben. En la figura 8 se puede ver ejemplos de sectores de recepción y envíos.

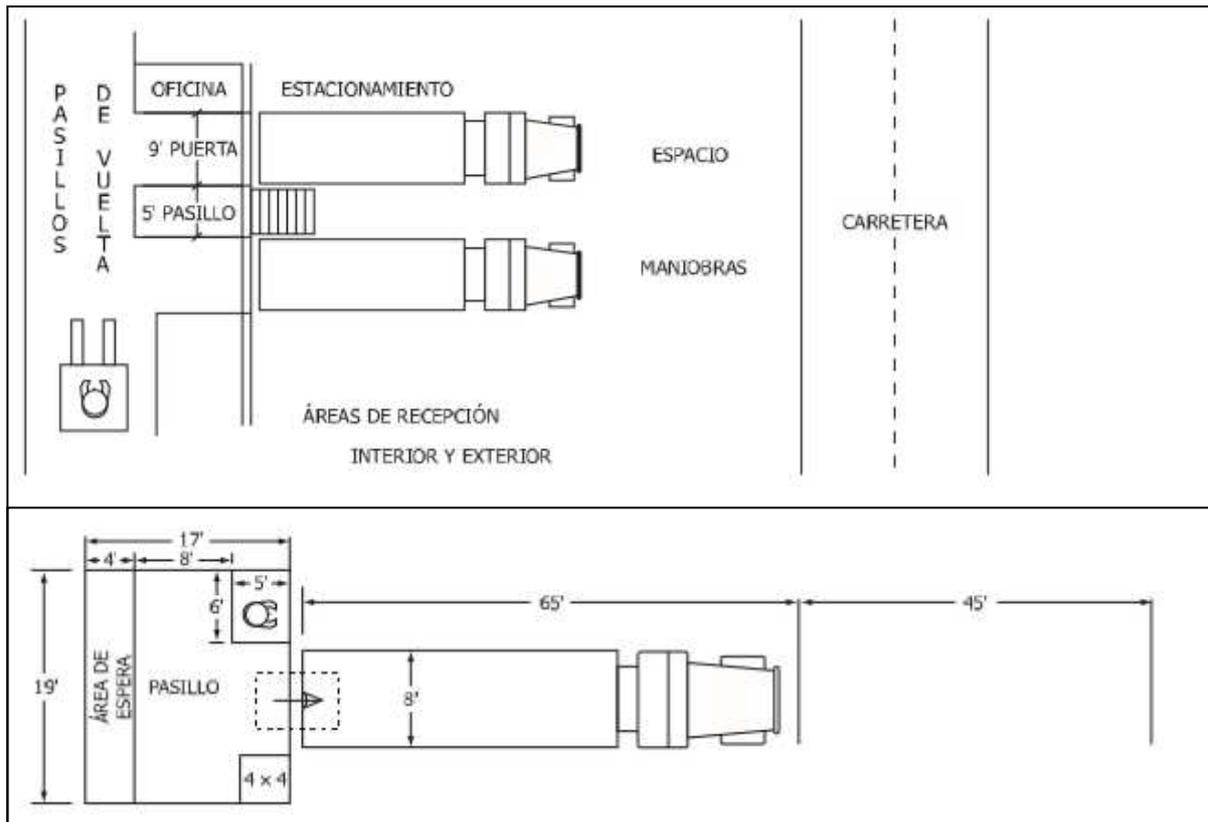


Figura 8: Sector de recepción/envíos

Pasillos

Los pasillos que van de los camiones a la planta deben tener el tamaño adecuado para que opere el equipo de manejo de materiales, el material en movimiento y la frecuencia de los viajes. Por lo general, los pasillos hacia los vehículos miden 8 pies de ancho porque esto es lo que mide un camión, pero a veces éste se descarga por un costado y por medio de grúas de puente elevadas. Hay que planear dichas diferencias.

Áreas exteriores

El área que rodea el exterior de la plataforma de carga debe planearse (vea la figura 8). Las consideraciones sobre sus espacios deben tomar en cuenta lo siguiente:

1. Un sólo camión ocupa hasta 65 pies a partir de la pared de la planta.
2. El espacio de maniobra es aquél entre la carretera y el estacionamiento y, por lo general, es de 45 pies.
3. Las superficies de rodamiento miden 11 pies si son de un sólo sentido, o 22 si son de dos.

Estacionamiento

La interfaz entre el mundo exterior y la planta son los caminos de acceso y los estacionamientos. El objetivo es proporcionar espacio adecuado con ubicación conveniente. Tal vez se necesiten tres estacionamientos. Clasificados por uso, como sigue:

1. Trabajadores de manufactura.
2. Empleados de oficina.
3. Visitantes

El tamaño del estacionamiento es directamente proporcional al número de empleados. Si la compañía se localizara en el campo y los empleados manejaran para ir a trabajar, habría que prever un lugar de estacionamiento por cada empleado y medio. Si estuviera cerca de la ciudad y el terreno fuera caro, se daría un espacio de estacionamiento por cada dos empleados. Debe considerarse la ubicación de la planta, el número de empleados y la actitud de la administración hacia los viajes colectivos y similares, para después decidir acerca de la razón espacio de estacionamiento-empleado.

Excusados y Sanitarios

Las instalaciones para la higiene personal por lo general se denominan excusados. La primera pregunta es cuántos se necesitan por empleado. Como regla práctica, es necesario uno por cada 20 trabajadores, y no deben estar más lejos de 200 pies de cualquiera de las personas. Además, en cada excusado debe instalarse una bajada de aguas por sanitario. También deben tomarse provisiones para recibir a las personas con alguna incapacidad, según lo exige el AAD. Como mínimo debe haber un excusado para hombres y otro para mujeres en la oficina y en la fábrica.

El número de excusados que se necesitan depende de cuántos empleados trabajen en el turno principal. Es posible que el reglamento de construcciones local establezca el número necesario. La cantidad de lavabos es igual al número de excusados. El tamaño del excusado es de 15 pies cuadrados por excusado, lavabo y vestíbulo, y de 9 pies cuadrados por mingitorio.

2.5 Manejo de materiales

El manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción. El manejo de materiales es

responsable del 50% del costo total de las operaciones, por lo tanto se debe hacer un preciso análisis de modo de elegir la mejor alternativa y reducir costos totales.

2.5.1 Objetivos del manejo de materiales

El objetivo principal del manejo de materiales es reducir los costos unitarios de producción. Todos los demás objetivos se subordinan a éste. Pero una verificación adecuada de la disminución de costos se puede alcanzar mediante los subobjetivos siguientes:

- 1 Mantener o mejorar la calidad del producto, reducir los daños y velar por la protección de los materiales.
- 2 Alentar la seguridad y mejorar las condiciones de trabajo.
- 3 Aumentar la productividad por medio de lo siguiente:
 - a) El material debe fluir en línea recta.
 - b) Los materiales deben moverse una distancia tan corta como sea posible.
 - c) Usar la gravedad.
 - d) Mover más material de una sola vez.
 - e) Mecanizar el manejo de materiales.
 - f) Automatizar el movimiento del material.
 - g) Conservar o mejorar las razones de manejo de materiales/producción.
- 4 Estimular el aumento en el uso de las instalaciones con lo siguiente:
 - a) Alentar el uso del espacio volumétrico de la construcción.
 - b) Comprar equipo versátil.
 - c) Estandarizar el equipo de manejo de materiales.
 - d) Maximizar la utilización del equipo de producción con el uso de alimentadores de manejo de materiales.
 - e) Conservar, y si es necesario reemplazar, todo el equipo y desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.
 - f) Integrar en un sistema todo el equipo para el manejo de materiales.
- 5 Reducir el peso inútil.
- 6 Controlar el inventario.

2.5.2 Veinte principios del manejo de materiales

Para poder cumplir el objetivo principal del manejo de materiales, se realiza un análisis de los veinte principios del manejo de materiales. Estos principios son los lineamientos para la aplicación del criterio apropiado. Algunos de ellos estarán en

conflicto con otros, por lo que será la situación que se diseña la que determine cuál es el correcto. Los principios serán una buena lista de verificación de las oportunidades para mejorar. Cada uno de ellos se enumeran y se explican brevemente a continuación:

1. Principio de planeación: Planear todo el manejo de materiales y las actividades de almacenamiento con el fin de obtener la eficiencia máxima en el conjunto de operaciones.
2. Principio de los sistemas: Integrar muchas actividades de manipulación es muy práctico en un sistema coordinado de operaciones, atención de los vendedores, recepción, almacenamiento, producción, inspección, empaque, bodegas, envíos, transporte y atención al cliente.
3. Principio del flujo de materiales: Disponer de una secuencia de operaciones y distribución del equipo que optimice el flujo de material.
4. Principio de simplificación: Simplificar el manejo por medio de la reducción, la eliminación o la combinación del movimiento y/o el equipo innecesario.
5. Principio de gravedad: Utilizar la gravedad para mover el material hacia donde sea más práctico.
6. Principio de la utilización del espacio: Hacer uso óptimo del volumen del inmueble.
7. Principio del tamaño unitario: Incrementar la cantidad, el tamaño o el peso de las cargas unitarias o la tasa de flujo.
8. Principio de mecanización: Mecanizar las operaciones de manipulación.
9. Principio de automatización: Hacer que la automatización incluya las funciones de producción, manejo y almacenamiento.
10. Principio de selección de equipo: Al seleccionar el equipo de manejo, considerar todos los aspectos del material que se manipulará (movimiento y método que se usarán).
11. Principio de estandarización: Estandarizar los métodos de manejo, así como los tipos y los tamaños del equipo para ello.
12. Principio de adaptabilidad: Usar los métodos y el equipo que realicen del mejor modo varias tareas y aplicaciones para las que no se justifique el equipo de propósito especial.
13. Principio del peso muerto: Reducir la razón de peso muerto del equipo de manipulación a la carga que soportará.
14. Principio de utilización: Planear la utilización óptima del equipo y la mano de obra para el manejo de materiales.

15. Principio de mantenimiento: Planear el mantenimiento preventivo y el equipo obsoletos de manejo en los casos en que otros más eficientes mejoren las operaciones.
16. Principio de obsolescencia: Reemplazar los métodos y el equipo obsoletos de manejo en los casos en que otros más eficientes mejoren las operaciones.
17. Principio de Control: Usar las actividades de manejo para mejorar el control del inventario de producción y la atención de las órdenes.
18. Principio de capacidad: Emplear el equipo de manejo para alcanzar la capacidad de producción que se desea.
19. Principio del rendimiento: Determinar la eficacia del rendimiento del manejo en términos de gasto por unidad manejada.
20. Principio de seguridad: Contar con métodos y equipo apropiados para hacer el manejo con seguridad.

2.6 Evaluación de la distribución

Una alternativa de distribución debe evaluarse a través de medición de indicadores que permitan ponderar la eficiencia en función de los objetivos propuestos. Entre distintos indicadores se pueden proponer, dados los objetivos, Unidades de producto/m recorridos, cantidad de flujos cruzados y retrocesos, entre otros.

Considerando los conceptos explicados en esta sección se realizará el análisis de la situación actual y la propuesta de mejora.

3. DESARROLLO

En esta sección se presentan en primer término, los resultados del relevamiento efectuado. El mismo involucra:

1. La descripción del modelo de cadena de suministro que sigue Steel;
2. Las características de los productos que fabrican;
3. Las principales características de la maquinaria utilizada;
4. El equipamiento de movimiento de materiales
5. La capacidad actual de producción
6. Los procesos productivos desarrollados en las instalaciones
7. las dimensiones actuales de la planta

Posteriormente se presenta el diagnóstico y las oportunidades de mejora identificadas. En función de dichas oportunidades de mejora se realiza una propuesta de mejora que finaliza en el plan maestro de la nueva distribución. Posteriormente se realiza una comparación objetiva entre la situación inicial y la propuesta.

3.1 Relevamiento

3.1.1 Localización actual de la planta

La empresa se encuentra ubicada en el Parque Logístico De LeónMedina., el cual se ubica en el km 5,5 de la ruta 88 y se encuentra a 5 km de la ruta 226, a 7 km de la ruta 2 y a 30 km del puerto de Mar del Plata.

El Parque Logístico De León Medina tiene dos accesos asfaltados, uno lateral por calle Canaro y el central por la RP88. Es un predio de 11 hectáreas que se especializa en brindar los servicios logísticos necesarios para empresas dedicadas a la distribución de productos de la construcción.

3.1.2. Cadena de suministro de Steel

Todos los productos que fabrica Steel se realizan a partir de bobinas de acero. Estas bobinas se compran a Siderar, único proveedor del país. La modalidad para la

compra es a través de pedidos. Siderar exige que los mismos deban realizarse con dos meses de anticipación y los envía al comienzo de cada mes. En caso de necesitar más, se debe adelantar el pedido del mes siguiente significando gozar de menor cantidad de material para el mes entrante.

Una vez hecha la compra de las materias primas, estas se deben enviar a otra empresa que les realiza el proceso de flejado. Este consiste en retirar 5 cm por lado para quitar las imperfecciones. Además, dependiendo del proceso y del producto, se necesita que las bobinas tengan un tamaño (ancho) específico. Por ello, la bobina parte directamente de Siderar hacia una empresa ubicada en Pacheco, Buenos Aires, para realizar el proceso de flejado y corte al ancho requerido.

Una vez realizado este proceso, el material es enviado hacia la planta donde comienzan los procesos de transformación objeto de la empresa.

Ya finalizados los productos, estos son cargados a un camión y enviados a Gas, que es la empresa que se encarga de la venta y distribución de los productos.

3.1.3 Productos

A continuación, se hará una descripción de los productos que actualmente fabrica la empresa.

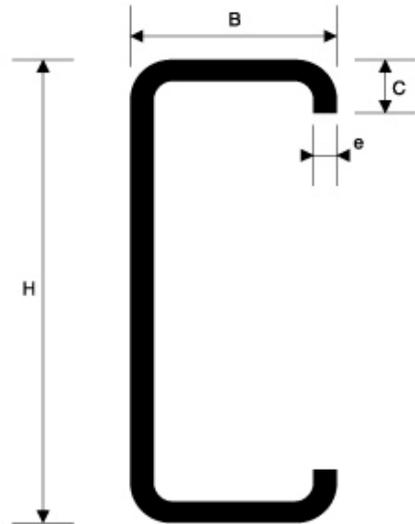
3.1.2.1 Perfiles

Los perfiles se obtienen por la conformación de planchas planas sin cambiar su temperatura.

Estos los podemos encontrar en dos tipos:

Perfiles "C"

Dichos perfiles se pueden apreciar en la siguiente figura (Figura 9):



Nomenclatura: $H \times B \times C \times e$;

H = Alto
B = Ancho
C = Largo pestaña
e = espesor

Perfiles "U"

Dichos perfiles se pueden apreciar en la siguiente figura (Figura 10):

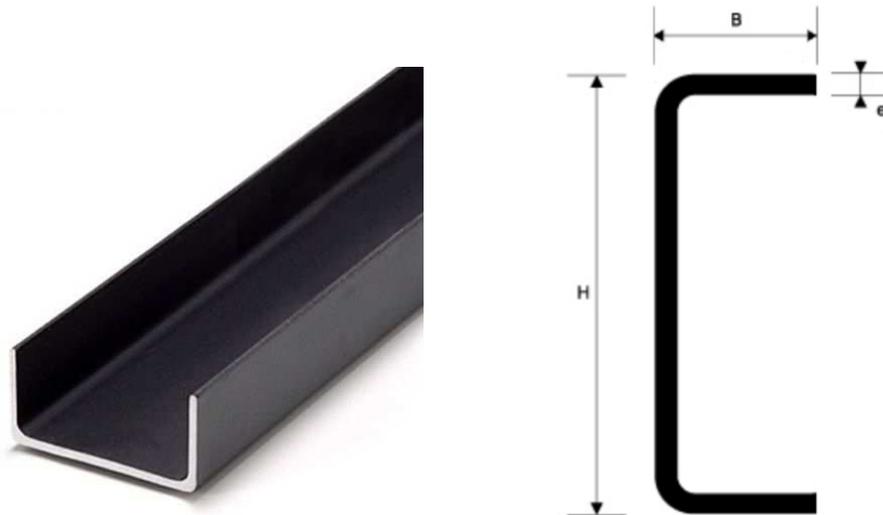


Figura 10: Perfil de acero "U"

Nomenclatura: $H \times B \times e$; H = Alto
B = Ancho
e = espesor

Tanto para los perfiles C como para los perfiles U las medidas comercializadas se encuentran dentro de los siguientes rangos:

- Largo: 1 m – 12 m
- Alto: 80 mm – 240 mm
- Ancho: 40 mm – 80 mm
- Largo pestaña (solo para perfil C): 15 mm – 25 mm
- Espesor: 1,6 mm a 4,75 mm

3.1.2.2 Chapa acanalada

Se define chapa acanalada u ondulada al elemento perfilado procedente de acero galvanizado cuya sección tiene forma aproximadamente sinusoidal.

Las chapas acanaladas pertenecen al grupo de los conformados para aplicación en cubiertas, revestimientos laterales, paneles y todo tipo de uso en construcciones, especialmente diseñada para cubiertas. Sus diferentes anchos útiles y variedad de espesores hacen a este producto adaptable a los más diversos usos: cubiertas de viviendas,

cerramientos laterales y cubiertos de edificios y galpones, encofrado perdido, entre otros. Esta puede ser apreciada en la figura 11.



Figura 11: Chapa acanalada

A continuación, se presentan los rangos de medidas para las chapas acanaladas comercializadas:

- Largo: 1 m – 12 m
- Ancho: hasta 1,5 m
- Espesor: hasta 0,7 mm

3.1.2.3 Láminas

Las láminas de acero elaboradas en Steel son especialmente adecuadas para procesos de plegado (ver figura 12). Sus aplicaciones más habituales se encuentran en los sectores de la industria del automóvil, electrodomésticos, mobiliario metálico, fabricación de ejes y aparatos de calefacción y ventilación, así como de tubos y pequeños perfiles. También se utilizan para trabajos de herrería, cartelería y la industria en general.



Figura 12: Láminas de acero

A continuación, se presentan los rangos de medidas para las láminas comercializadas:

- Largo: 2 m – 6 m
- Ancho: hasta 1,22 m
- Espesor: 0,3 mm – 4,75 mm

3.1.4 Maquinaria

Todos los productos que elabora la empresa se realizan a través de máquinas de conformado continuas que funcionan en frío, es decir, en ningún momento se modifica la temperatura de la materia prima. A continuación, se describirán las líneas de producción que actualmente se encuentran en Steel.

3.1.4.1 Maquinaria para la conformación de perfiles

El conformado de perfiles es llevado a cabo por dos máquinas perfiladoras. Estas son:

a. Perfiladora China

Línea de conformado de perfiles de regulación automática para perfiles de 80 a 300 mm de alma y espesores de 1,6 a 2 mm. Al ser de regulación automática

(computarizada) se utiliza para realizar los pedidos a medidas especiales o que no son estándar. En las figuras 13 y 14 puede verse dicha máquina.



Figura 13: Perfiladora China



Figura 14: Perfiladora China

Las medidas de la perfiladora China se encuentran detalladas a continuación (Figura 15):

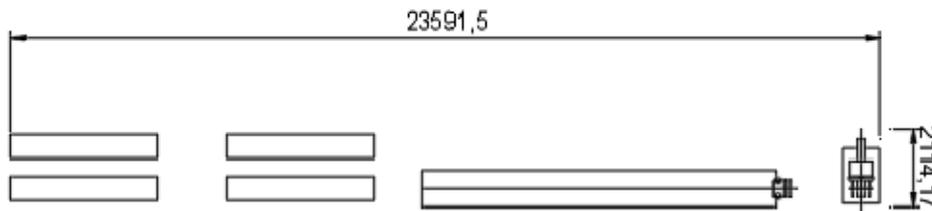


Figura 15: Dimensiones Perfiladora China

- Largo: 23,6 m
- Ancho: 2,1 m

b. Perfiladora Nacional IVANAR

Línea de conformado de perfiles C/U fija IVANAR, con regulación manual de perfiles de 120 a 200 mm de alma y espesores de 1,6 a 4,75 mm. Es de origen Nacional, y cuenta con la característica de que, al ser tan dificultosa su regulación (debido a los tiempos y a los esfuerzos que esto conlleva), se utiliza para fabricar la medida comercial de perfiles más demandada (120 mm de base o alto), en las siguientes figuras se puede apreciar dicha máquina (Figuras 16 y 17).



Figura 16: Perfiladora Nacional IVANAR



Figura 17: Perfiladora Nacional IVANAR

Las medidas de la perfiladora Nacional IVANAR se encuentran detalladas a

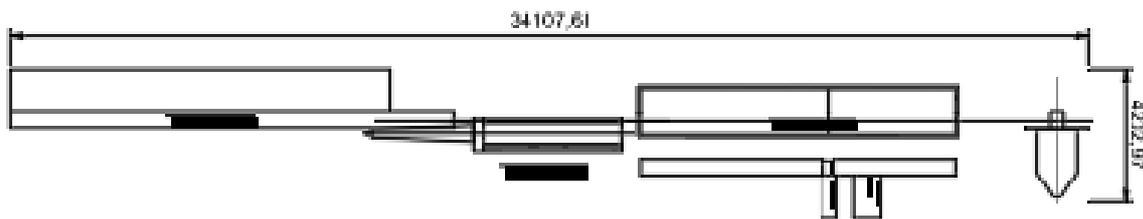


Figura 18: Dimensiones Perfiladora Nacional IVANAR

- Largo: 34,1 m
- Ancho: 4,2 m

3.1.4.2 Maquinaria para la obtención de Chapa acanalada

a. Línea OLMA

Para la realización de este producto, existe una sola máquina la cual tiene como característica ser una línea de conformado de chapa sinusoidal hasta espesores de 0.7 mm. En las figuras 19 y 20 puede verse dicha máquina.

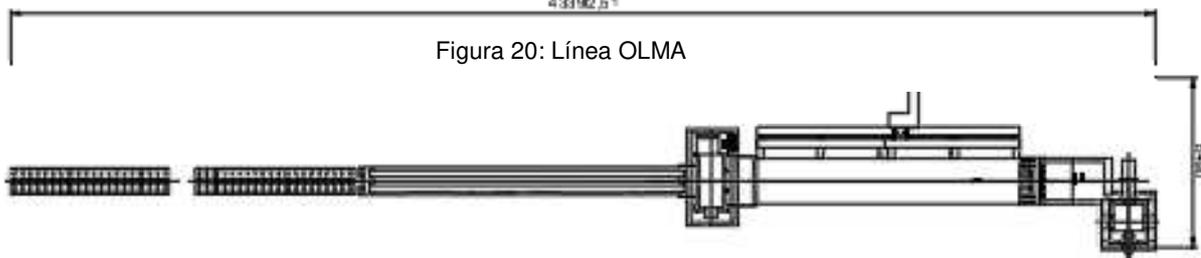


Figura 19: Línea OLMA



43392,5+

Figura 20: Línea OLMA



Las medidas de la línea OLMA se encuentran detalladas a continuación (Figura 21):

- Largo: 43,4 m
- Ancho: 6,5 m

3.1.4.3 Maquinaria para la obtención de láminas

Al igual que los perfiles, las láminas de acero se realizan en dos máquinas separadas, dependiendo del espesor deseado en la lámina. Estas son:

a. Línea FAGOR

Se utiliza para procesar material revestido en espesores de 0,3 a 1,6mm. Es una de las máquinas más utilizadas. En la figura 22 puede verse dicha máquina.



Figura 22: Línea FAGOR

Las medidas de la línea FAGOR se encuentran detalladas a continuación (Figura 23):

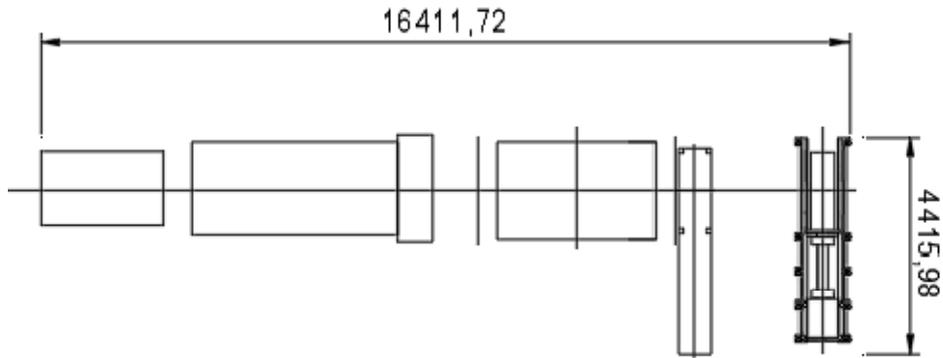


Figura 23: Dimensiones Línea FAGOR

- Largo: 16,4 m
- Ancho: 4,4 m

b. Línea UNGERER

Línea de planchado que permita trabajar material LAC (Laminado en Caliente) y LAF (Laminado en Frío) en espesores de 2 a 4,75 mm. En las figuras 24 y 25 puede verse dicha máquina.



Figura 24: Línea UNGERER



Figura 25: Línea UNGERER

Las medidas de la línea UNGERER se encuentran detalladas a continuación (Figura 26):

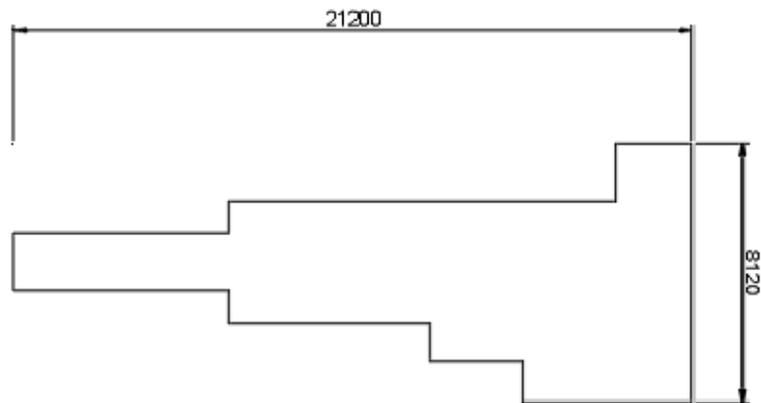


Figura 26: Línea UNGERER

- Largo: 21,2 m
- Ancho: 8,1 m

3.1.5 Equipamiento de Manejo de Materiales

A continuación, se pasará a describir los equipos para el manejo de material presentes en Steel.

3.1.5.1 Puente Grúa

Se utiliza para descargar los camiones que traen las bobinas al momento de la recepción y para cargar los productos terminados en los camiones al momento del envío. Este equipo cubre todo los movimientos de materiales del sector izquierdo de la planta. Este se ve en la figura 27.



Figura 27: Puente Grúa

3.1.5.1 Camión con brazo hidráulico

Se utiliza para cargar las bobinas de ambas líneas de perfiles, tanto a la perfiladora China como a la perfiladora Nacional IVANAR. Debido a la inexistencia de un puente grúa en el sector derecho de Steelse debió encontrar una alternativa para lograr cargar la bobina en las máquinas perfiladoras. Es así que se utiliza un camión que es propiedad de Gas que cuenta con un brazo hidráulico para realizar dicha tarea, el cual puede verse en la figura 28. Esto implica que es un equipo con el que no siempre se cuenta. Además, es extremadamente difícil de maniobrar.



Figura 28: Camión con brazo hidráulico

3.1.5.3 Grúa

Se utiliza para cargar la bobina en la línea de chapa acanalada. Esto se debe a la inexistencia de un puente grúa en el sector derecho de la planta, tal como se indicó anteriormente, y al hecho de que el camión con brazo hidráulico no llega hasta el sector de la línea Olma, dejando a la grúa como única alternativa en las condiciones actuales. Esta grúa se encuentra tercerizada y es solicitada con anticipación cuando se estima que será requerida.

3.1.5.4 Zorra hidráulica

Es utilizada para el transporte del producto terminado de ambos procesos, perfilado y chapa acanalada. Es decir, se utiliza para trasladar el producto terminado hasta el almacén de productos terminados. Es accionada manualmente. La zorra se puede apreciar en la siguiente figura 29.



Figura 29: Zorra hidráulica

3.1.5.5 Carrito

El carrito es una herramienta a la cual se le cargan los perfiles de medidas de largo pequeñas o las chapas cortas de la línea OLMA. Igual que la zorra hidráulica, se acciona manualmente.

3.1.6 Capacidad de las instalaciones

En la tabla 1 se detallan las capacidades de producción de las distintas líneas y en la tabla 2 se detallan también la capacidad de los almacenes.

Línea	Unidades	Capacidad (diaria)
Perfiladora China	m lineal	3498
Perfiladora Nacional (IVANAR)	m lineal	2538
Chapa acanalada (OLMA)	m lineal	4799
Chapa lisa FAGOR	unidades	1937
Chapa lisa UNGERER	unidades	429

Tabla 1: Capacidad de las líneas de producción

Almacén	Superficie actual
Almacén Materia Prima	200 m ²
Almacén Producto Terminado	115 m ²

Tabla 2: Capacidad en superficie de almacenes

3.1.7 Los procesos productivos

Desde la figura 30 a 39 se presentan los cursogramas analíticos y sus correspondientes diagramas de recorrido que representan los procesos requeridos para la obtención de los productos.

Cursograma analítico Perfiles C (Línea Perfiladora China)

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm. 1 Hoja núm. 1 de 5				Resumen					
Objeto: Perfiladora China Lugar: "Steel"				Actividad					
				Actual					
				Operación	○				2
	Transporte	➡				5			
	Espera	D				3			
	Inspección	□				0			
	Almacenamiento	▽				3			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
Preparación de bobina para traslado	1 bobina		3,1						Se pasa soga por interior de bobina
Transporte de bobina a depósito MP	1 bobina	31,2	6,3						Puente Grúa
Almacenamiento de bobinas en deposito									
Transporte de bobina a perfiladora	1 bobina	24,8	9,4						Manual/Brazo Hidráulico
Colocado de bobina en perfiladora	1 bobina		8,9						Manual/Brazo Hidráulico
Perfilado	1 paquete		46,4						Perfil C estándar – 100x45x1,6 (mm)
Traslado de perfiles a zona de apilación	1 paquete	11,4	0,3						Traslado Manual
Acumulación de perfiles hasta formar lote	1 paquete								
Armado de lote (Sunchado)	1 paquete		3,9						Atado Manual (1persona)
Almacenamiento transitorio de lotes									
Traslado a depósito de PT	1 paquete	17,2	4,3						Carro /Puente Grúa
Almacenamiento de PT									
Carga de camión en salida.	1 paquete	7,9	4,5						Puente Grúa
Total		92,5	87,1	2	5	3	—	3	Sin incluir tiempos de almacenamientos

Figura 30: Cursograma analítico Perfiles C (Perfiladora China)

Diagrama de recorrido Perfiles C (Línea Perfiladora China)

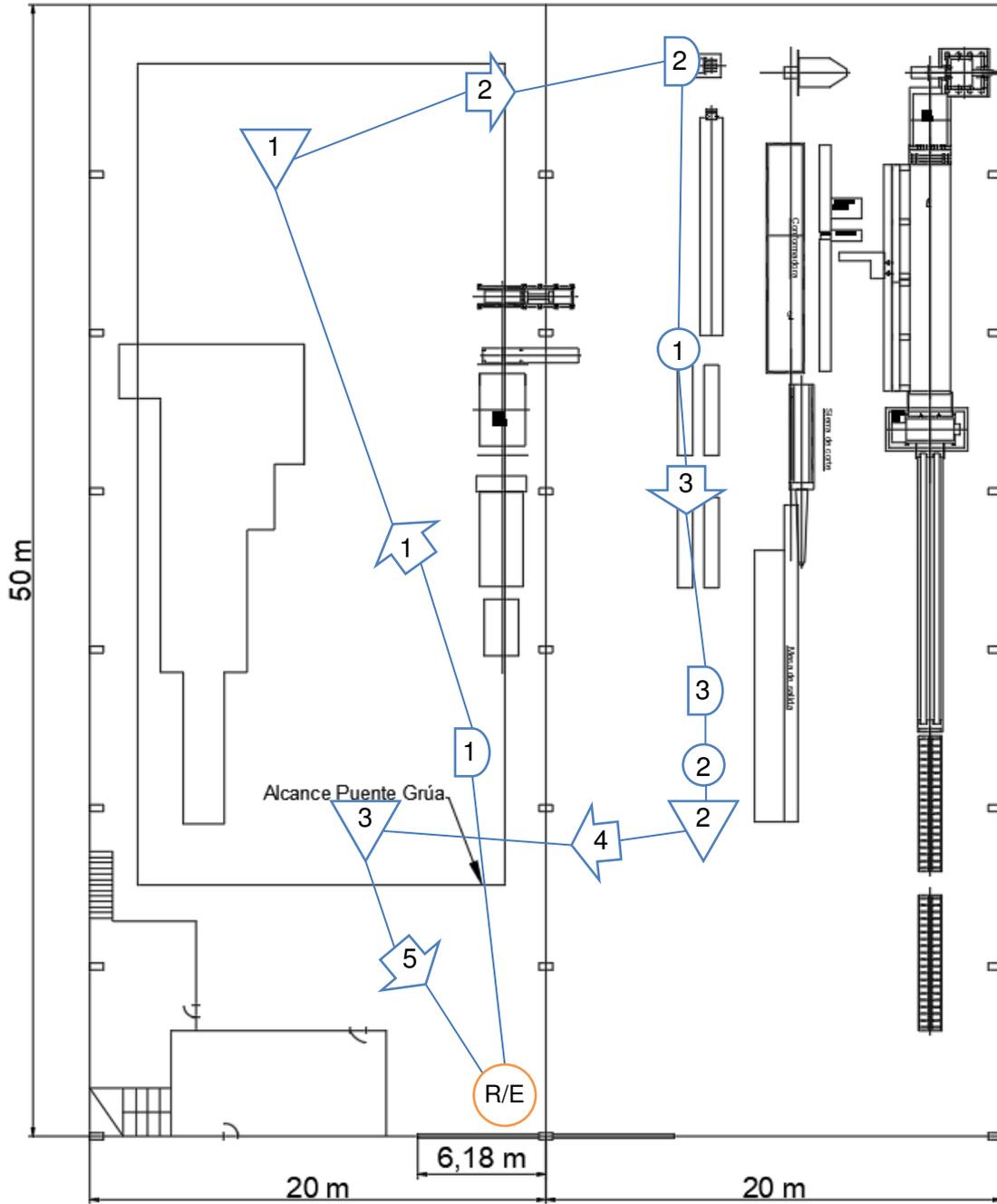


Figura 31: Diagrama de recorrido Perfiles C (Perfiladora China)

Cursograma analítico Perfiles C (Línea Perfiladora IVANAR)

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm. 2 Hoja núm. 2 de 5				Resumen					
Objeto: Perfiladora Nacional IVANAR				Actividad					
				Actual					
Lugar: "Steel"				Operación	○				2
				Transporte	➡				5
				Espera	D				3
				Inspección	□				0
				Almacenamiento	▽				3
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
Preparación de bobina para traslado	1 bobina		3,1						Se pasa soga por interior de bobina
Transporte de bobinas a depósito MP	1 bobina	31,2	6,3						Puente Grúa
Almacenamiento de bobinas en deposito									
Transporte de bobina a perfiladora	1 bobina	30,3	12,2						Manual/Brazo Hidráulico
Colocado de bobina en perfiladora	1 bobina		8,9						Manual/Brazo Hidráulico
Perfilado	1 paquete		46,8						Perfil C-120x50x1,6(mm)
Traslado de perfiles a zona de apilación	1 paquete	16,2	0,3						Traslado Manual
Acumulación de Perfiles hasta formar lote	1 paquete								
Armado de lote (sunchado)	1 paquete		3,9						Atado Manual
Almacenamiento transitorio de lotes									
Traslado a depósito de PT	1 paquete	21,2	4,6						Carro /Puente Grúa
Almacenamiento de PT									
Carga de camión en salida.	1 paquete	7,9	4,5						Puente Grúa
Total		106,8	90,6	2	5	3	—	3	Sin incluir tiempos de almacenamientos

Figura 32: Cursograma analítico Perfiles C (IVANAR)

Diagrama de recorrido Perfiles C (Línea Perfiladora IVANAR)

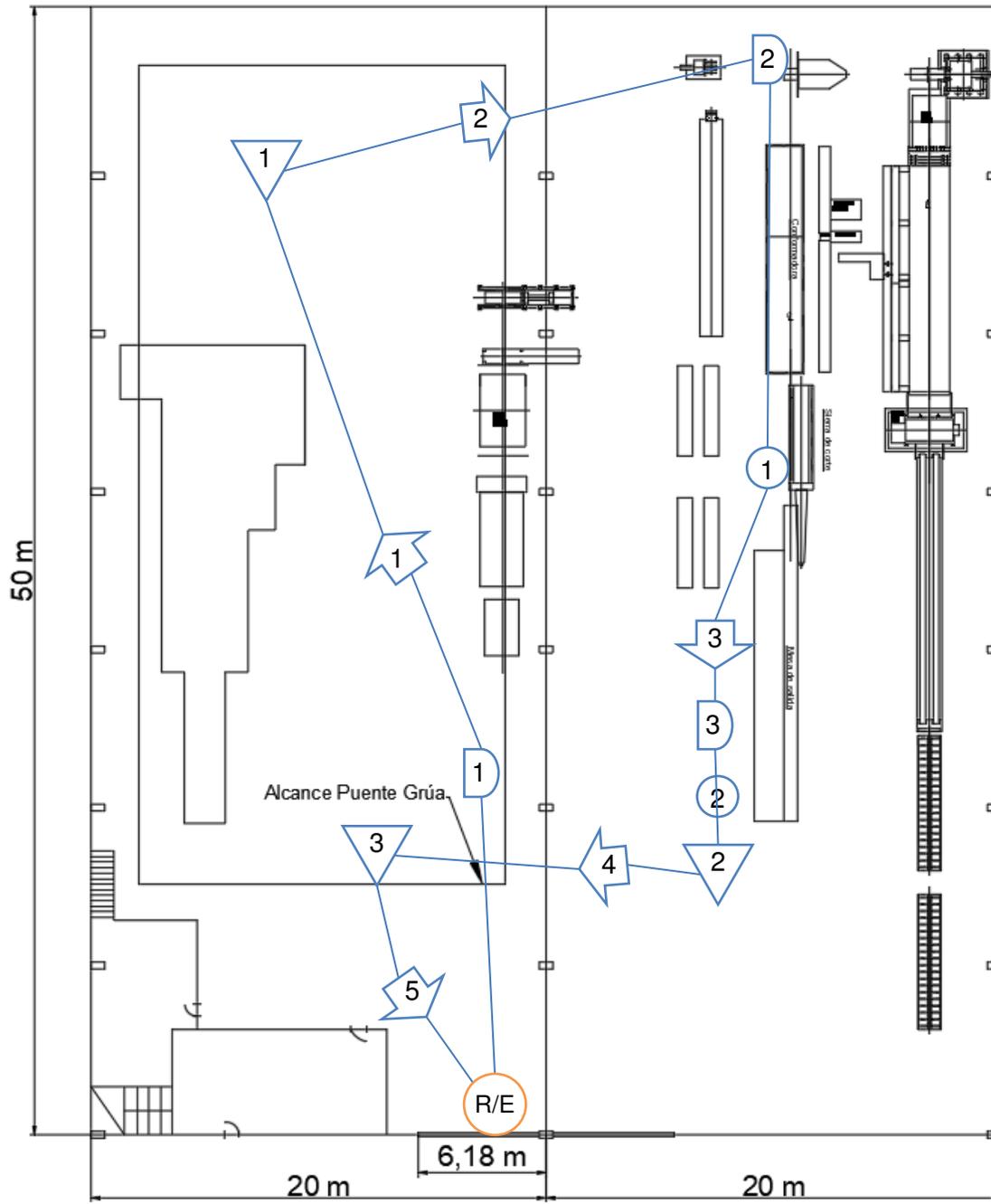


Figura 33: Diagrama de recorrido Perfiles C (IVANAR)

Cursograma analítico chapas acanaladas

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm. 5 Hoja núm. 5 de 5				Resumen					
Objeto: Acanaladora OLMA Lugar: "Steel"				Actividad					
				Actual					
				Operación	○				2
	Transporte	➡				5			
	Espera	D				3			
	Inspección	□				0			
	Almacenamiento	▽				3			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
Preparación de bobina para traslado			3,1			●			Se pasa soga por interior de bobina
Transporte de bobinas a depósito MP		31,2	6,3		●				Puente Grúa
Almacenamiento de bobinas en depósito								●	
Transporte de bobina a acanaladora		32,2	16,1		●				Manual/Grúa
Colocado de bobina en acanaladora			8,9			●			Manual/Grúa
Acanalado			61,6	●					
Transporte a zona de armado de lote		15,3	0,2		●				Manual
Acumulación de chapas						●			
Armado de lote (sunchado)			3,9	●					Atado Manual
Almacenamiento transitorio de lotes								●	
Traslado a depósito PT		30,8	5,3		●				Zorras Hidráulicas
Almacenamiento de PT								●	
Carga de camión en salida.		7,9	4,5		●				Puente Grúa
Total		117,4	109,9	2	5	3	—	3	Sin incluir tiempos de almacenamientos

Figura 34: Cursograma analítico chapa acanalada

Diagrama de recorrido chapas acanaladas

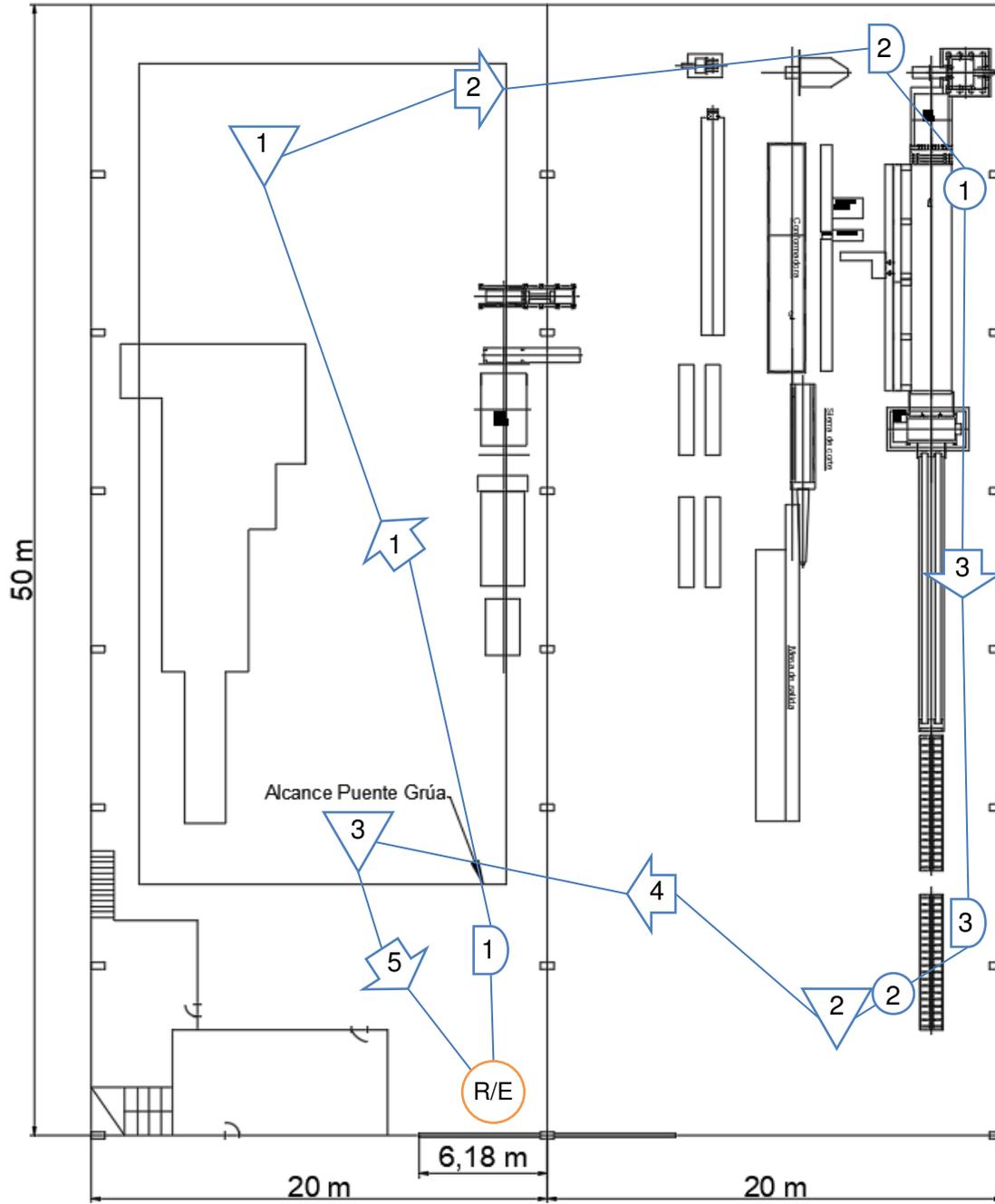


Figura 35: Diagrama de recorrido chapa acanalada

Cursograma analítico láminas de acero (Línea FAGOR)

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm. 3 Hoja núm. 3 de 5				Resumen					
Objeto: Laminadora FAGOR Lugar: "Steel"				Actividad					
				Actual					
				Operación	○				2
				Transporte	➡				5
				Espera	D				3
				Inspección	□				0
				Almacenamiento	▽				3
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
Preparación de bobina para traslado	1 bobina		3,1			●			Se pasa soga por interior de bobina
Transporte de bobinas a depósito MP	1 bobina	31,2	6,3		●				Puente Grúa
Almacenamiento de bobinas en depósito								●	
Transporte de bobina a laminadora	1 bobina	12,1	3,3		●				Puente Grúa
Colocado de bobina en laminadora	1 bobina		8,9			●			Puente Grúa
Laminado	1 paquete		8	●					2mx1,6mm
Traslado de chapas a zona de apilación	1 paquete	3	0,12		●				Manual
Acumulación de chapas laminadas	1 paquete					●			
Armado de lote (sunchado)	1 paquete		3,9	●					Atado Manual
Almacenamiento transitorio de lotes								●	
Traslado a depósito de PT	1 paquete	8,3	2,1		●				Puente Grúa
Almacenamiento de PT								●	
Carga de camión en salida.	1 paquete	7,9	4,5		●				Puente Grúa
Total		62,5	40,22	2	5	3	—	3	Sin incluir tiempos de almacenamientos

Figura 36: Cursograma analítico láminas de acero (FAGOR)

Diagrama de recorridoláminas de acero (Línea FAGOR)

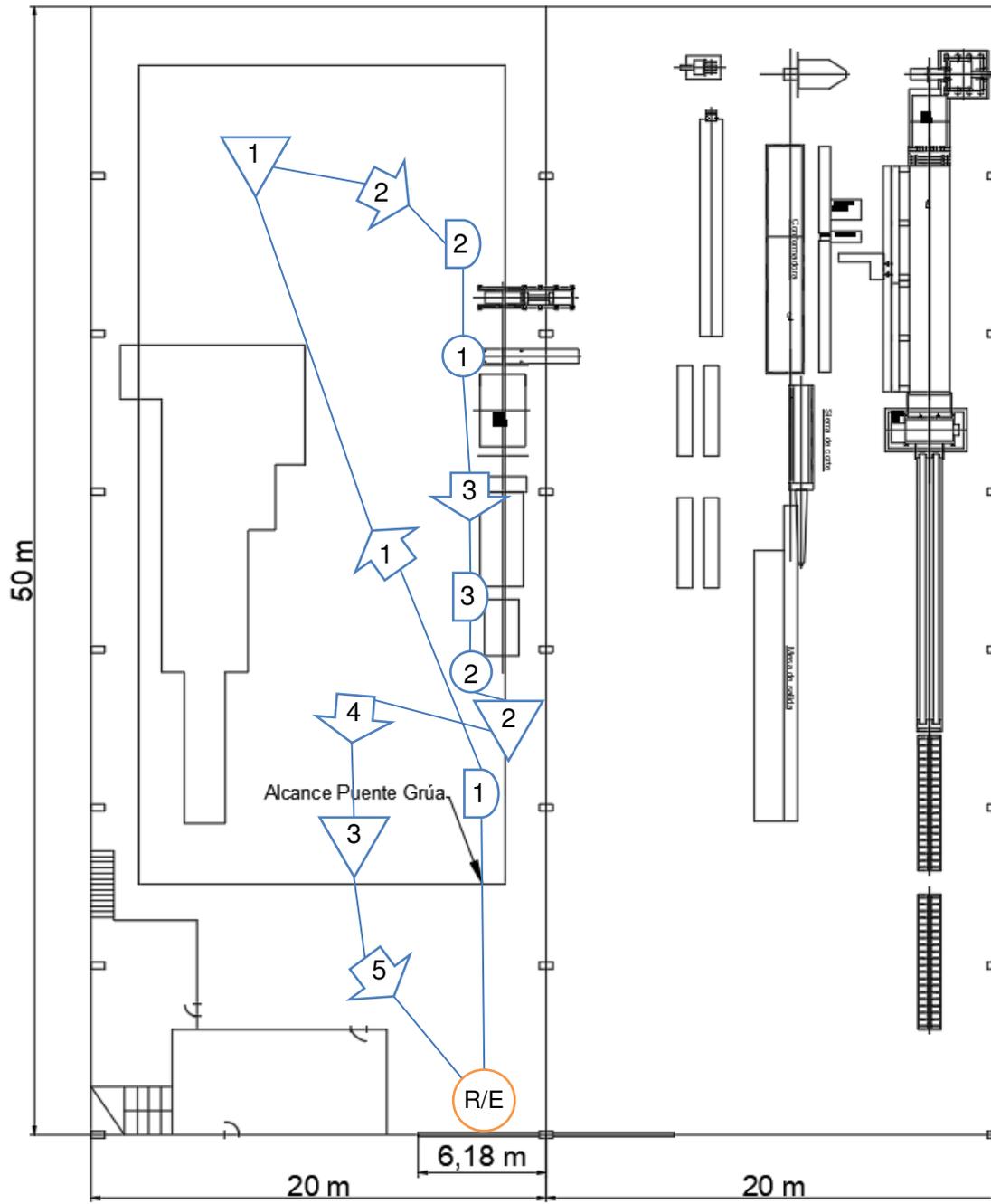


Figura 37: Diagrama de recorrido láminas de acero (FAGOR)

Cursograma analítico láminas de acero (Línea UNGERER)

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama núm. 4 Hoja núm. 4 de 5				Resumen					
Objeto: Laminadora UNGERER Lugar: "Steel"				Actividad					
				Actual					
				Operación	○				2
	Transporte	➡					5		
	Espera	D					3		
	Inspección	□					0		
	Almacenamiento	▽					3		
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➡	D	□	▽	
Preparación de bobina para traslado	1 bobina		3,1			●			Se pasa soga por interior de bobina
Transporte de bobinas a depósito MP	1 bobina	31,2	6,3		●				Puente Grúa
Almacenamiento de bobinas en deposito								●	
Transporte de bobina a laminadora	1 bobina	8,1	3,1		●				Puente Grúa
Colocado de bobina en laminadora	1 bobina		8,9			●			Puente Grúa
Laminado	1 paquete		6	●					6mx1,5mx1/8pulg
Transporte a zona de armado de lote	1 paquete	7,2	0,16		●				Manual
Acumulación de chapas laminadas	1 paquete					●			
Armado de lote (sunchado)	1 paquete		3,9	●					Atado Manual
Almacenamiento transitorio de lotes								●	
Traslado a depósito de PT	1 paquete	6,8	2,6		●				Puente Grúa
Almacenamiento de PT								●	
Carga de camión en salida.	1 paquete	7,9	4,5		●				Puente Grúa
Total		61,2	38,56	2	5	3	—	3	Sin incluir tiempos de almacenamientos

Figura 38: Cursograma analítico láminas de acero (UNGERER)

Diagrama de recorridoláminas de acero (Línea UNGERER)

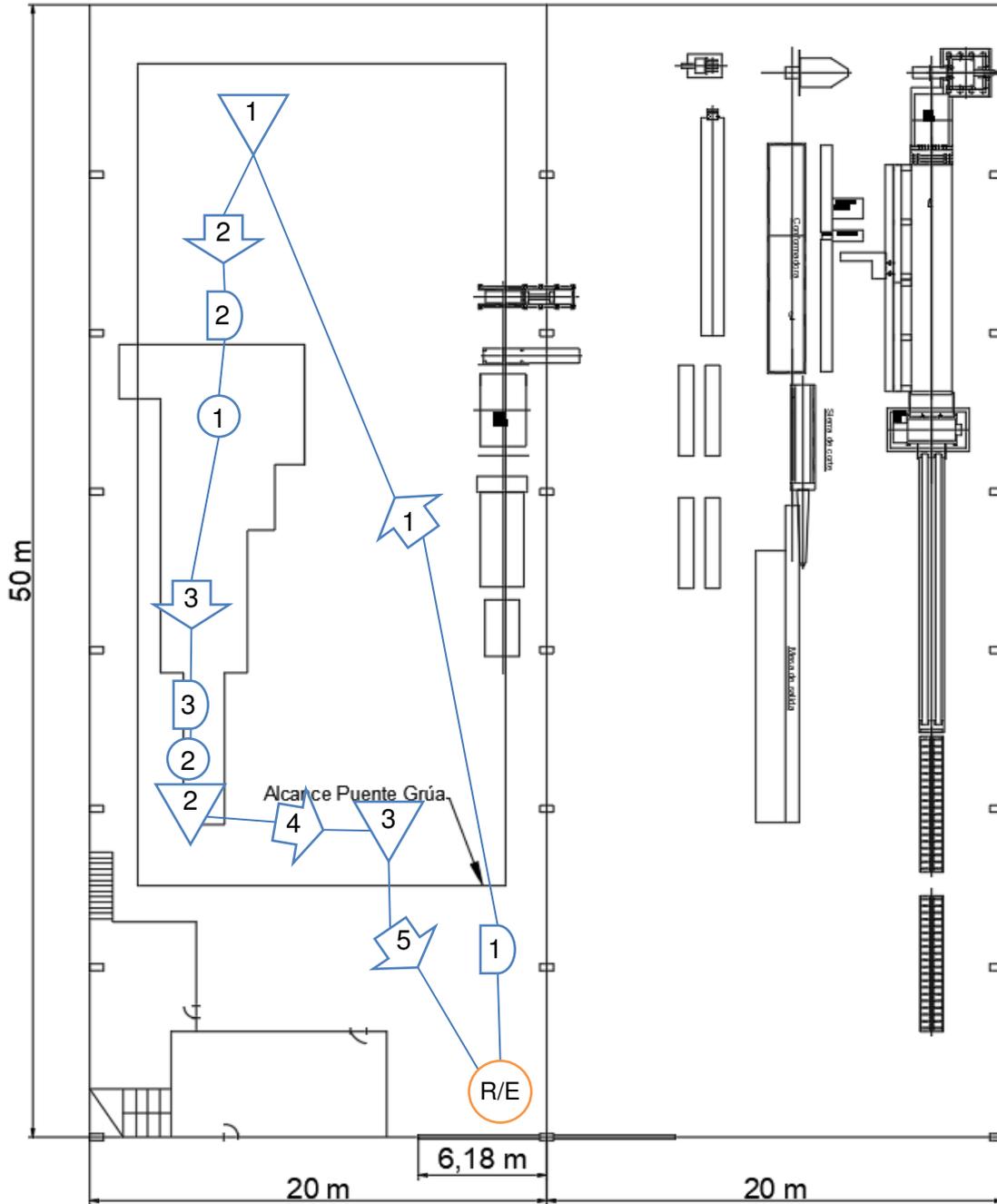


Figura 39: Diagrama de recorrido láminas de acero (UNGERER)

En la tabla 3 se presenta un resumen de las actividades que se desarrollan, obtenidos a partir de los 5 cursogramas analíticosrelevados.

Línea	Perfiladora China	Perfiladora Nacional (IVANAR)	Chapa acanalada (OLMA)	Chapa lisa FAGOR	Chapa lisa UNGERER
○	2	2	2	2	2
➡	5	5	5	5	5
D	3	3	3	3	3
□	0	0	0	0	0
▽	3	3	3	3	3
Flujos cruzados	1	1	1	1	0
Metros recorridos	92,5	106,8	117,4	62,5	61,2

Tabla 3: Resumen cursogramas analíticos

3.1.8 Dimensiones actuales de la planta

En la figura 40 se puede visualizar la distribución actual planta, con sus dimensiones correspondientes

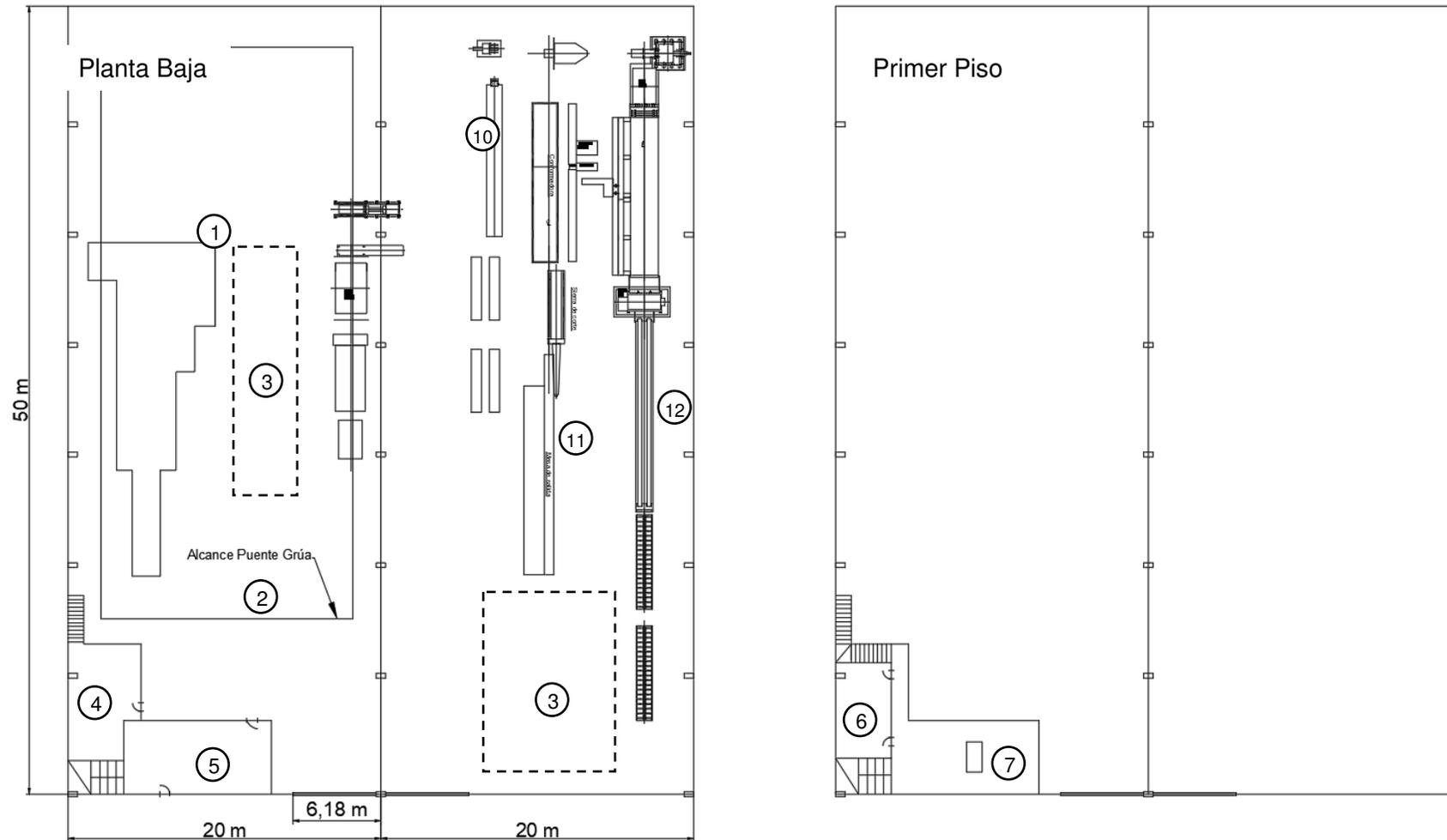


Figura 40: Distribución actual de la Planta

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1. Almacén de materias primas | 6. Sala de reuniones | 11. Perfiladora Nacional |
| 2. Almacén de productos terminados | 7. Oficina del Jefe de Planta | 12. Línea OLMA |
| 3. Chatarra | 8. Línea UNGERER | |
| 4. Sanitarios | 9. Línea FAGOR | |
| 5. Hall de entrada | 10. Perfiladora China | |

Como se puede observar en la figura,

- Se trata de una instalación que posee dos plantas, sobre un terreno de 2000m²;
- Todo el proceso de producción se desarrolla sobre una única planta;
- Se observa un gran espacio destinado a la chatarra;
- El almacén de materias primas se encuentra en el lado opuesto a la puerta de entrada.

3.1.9 Producción histórica

En las tablas 4 y 5 se presenta la producción de Steel del año 2017 y la información obtenida del año 2018.

Producción	Unidades	2017											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mes													
Días productivos		23	20	23	20	23	22	21	23	21	21	22	21
Perfil China	m lineal	6.296	11.762	10.386	10.393	25.966	17.004	12.924	16.962	12.929	26.019	25.904	19.979
Uso de equipos	%	8%	17%	13%	15%	32%	22%	18%	21%	18%	35%	34%	27%
Perfil Nacional	m lineal	4.368	4.384	7.063	11.356	9.010	6.425	7.338	12.259	3.555	13.216	4.882	7.678
Uso de equipos	%	7%	9%	12%	22%	15%	12%	14%	21%	7%	25%	9%	14%
Chapa Acan.	m lineal	1.425	1.749	5.752	2.895	2.827	12.147	10.030	17.997	7.749	21.823	19.510	35.480
Uso de equipos	%	1%	2%	5%	3%	3%	12%	10%	16%	8%	22%	18%	35%
Chapa Lisa FAGOR	unidad	870	1.279	2.539	1.601	1.040	3.263	2.626	1.788	1.781	5.248	4.606	3.140
Uso de equipos	%	2%	3%	6%	4%	2%	8%	6%	4%	4%	13%	11%	8%
Chapa lisa UNGERER	unidad	1.249	714	854	754	1.098	737	1.042	1.104	1.521	1.125	1.626	368
Uso de equipos	%	13%	8%	9%	9%	11%	8%	12%	11%	17%	12%	17%	4%

Tabla 4: Producción del año 2017

Producción	Unidades	2018											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mes													
Días productivos		23	19	22	20	21	21	21	22	8			
Perfil China	m lineal	24.923	24.553	15.611	21.847	25.574	16.567	21.858	26.402	12.642			
Uso de equipos	%	31%	37%	20%	31%	35%	23%	30%	34%	45%			
Perfil Nacional	m lineal	8.101	7.281	10.814	2.714	9.578	10.109	15.787	15.245	6.813			
Uso de equipos	%	14%	15%	19%	5%	18%	19%	30%	27%	34%			
Chapa Acan.	m lineal	4.637	37.619	43.183	47.195	39.583	29.543	42.843	24.389	9.538			
Uso de equipos	%	4%	41%	41%	49%	39%	29%	43%	23%	25%			
Chapa Lisa FAGOR	unidad	4.405	4.503	4.875	3.053	6.226	5.670	5.957	6.483	771			
Uso de equipos	%	10%	12%	11%	8%	15%	14%	15%	15%	5%			
Chapa lisa UNGERER	unidad	1.073	731	898	755	570	126	765	956	270			
Uso de equipos	%	11%	9%	10%	9%	6%	1%	8%	10%	8%			

Tabla 5: Producción del transcurso del año 2018

Primero, para clasificar la producción, se lo separó en las 5 máquinas con las que cuenta actualmente la empresa. Para las primeras 3, que son las líneas perfiladoras y la línea de chapa acanalada, la forma de medir la producción es por metros lineales. Esto se debe a que las especificaciones de los productos realizados varían constantemente por lo que medir por cantidad de unidades producidas no otorgaría resultados concluyentes. En cambio para las máquinas laminadoras la medición se realiza por unidades debido a la poca variación en el tamaño los productos que en ellas se elaboran.

Los datos de capacidades de producción de las respectivas líneas fueron otorgados por la empresa. A partir de la capacidad de cada máquina, se buscó en el registro lo elaborado mensualmente y se lo dividió por su respectiva capacidad. Así se obtuvo el porcentaje de uso de las máquinas.

3.2 Diagnóstico

A partir del relevamiento efectuado, se presenta el análisis de la información, relevante para los objetivos del trabajo. En primer término y considerando los valores de producción histórica, se calcula el % de ocupación de los recursos productivos, en particular de la maquinaria.

Respecto de la cadena de suministro, se observa una dificultad importante en el proceso de flejado.

Posteriormente se realiza un minucioso análisis del grado de cumplimiento de los 20 principios de manejo de materiales.

3.2.1 Determinación de la capacidad ociosa

Para determinar la capacidad ociosa, simplemente se le restó el porcentaje de ocupación al 100%. Los resultados obtenidos de capacidades ociosas la podemos ver presentada en el siguiente cuadro (Tabla 6).

Se observa en general un muy bajo porcentaje de uso de equipos, debido fundamentalmente a la falta de capacidad de los almacenes, que en la actualidad son los cuellos de botella del sistema productivo.

Capacidad	Unidades	2017											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ociosa													
Días productivos		23	20	23	20	23	22	21	23	21	21	22	21
Perfil China	m lineal	92%	83%	87%	85%	68%	78%	82%	79%	82%	65%	66%	73%
Perfil Nacional	m lineal	93%	91%	88%	78%	85%	88%	86%	79%	93%	75%	91%	86%
Chapa Acan.	m lineal	99%	98%	95%	97%	97%	88%	90%	84%	92%	78%	82%	65%
Chapa Lisa FAGOR	unidad	98%	97%	94%	96%	98%	92%	94%	96%	96%	87%	89%	92%
Chapa lisa UNGERER	unidad	87%	92%	91%	91%	89%	92%	88%	89%	83%	88%	83%	96%

Capacidad	Unidades	2018												Promedio TOTAL
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
ociosa														
Días productivos		23	20	23	20	23	22	21	23	21	21	22	21	
Perfil China	m lineal	69%	63%	80%	69%	65%	77%	70%	66%	55%				74%
Perfil Nacional	m lineal	86%	85%	81%	95%	82%	81%	70%	73%	66%				83%
Chapa Acan.	m lineal	96%	59%	59%	51%	61%	71%	57%	77%	75%				80%
Chapa Lisa FAGOR	unidad	90%	88%	89%	92%	85%	86%	85%	85%	95%				92%
Chapa lisa UNGERER	unidad	89%	91%	90%	91%	94%	99%	92%	90%	92%				90%

Tabla 6: Utilización de la capacidad (Año 2017 y 2018)



Estos altos porcentajes de capacidad ociosa se deben al mal dimensionamiento de los almacenes. El poco espacio en el almacén de productos terminados ocasiona que la planta deba detener la producción hasta que se liberen espacios para acumular los productos. El almacén de materias primas también dispone de poco espacio lo que genera que no se disponga de los insumos necesarios para trabajar al 100% de la capacidad.

3.2.2 Análisis de los veinte principios del manejo de materiales aplicados al caso de estudio

1. Principio de planeación

Steel es un claro ejemplo de una empresa construida sobre la marcha. En la planta se identificaron muchas ineficiencias principalmente en el área de manejo de materiales como consecuencia de su gran falta de planeamiento. Sus soluciones siempre fueron reactivas, es decir, se implementaban ante la aparición de un problema específico y nunca se contó con una planeación adecuada.

2. Principio de los sistemas

Se carece del principio de sistemas y se encuentra altamente relacionado con la falta del principio de planeación. El equipo de manejo de materiales no se asemeja en su funcionamiento a un sistema, sino que, al contrario, cada proceso de manipulación funciona de forma independiente. Al identificar la necesidad de iniciar una nueva línea de producción, además de ejecutarse de forma improvisada, nunca se buscó que se acople a los equipos de manejo de materiales existentes.

3. Principio del flujo de materiales

Actualmente el flujo de materiales no es el óptimo y esto quedó evidenciado en los análisis de flujo.

4. Principio de simplificación

Muchos de los procesos que lleva a cabo la empresa cuentan con manejos de materiales ineficientes. Con esto se hace referencia a modalidades de transporte que solo brindan soluciones parciales y no garantizan un óptimo resultado. También se reconocieron formas de manejo de material que resultan más complejos de lo necesario y que podrían ser reemplazados por uno solo, disminuyendo así costos y tiempos.

5. Principio de gravedad

No se cuentan con manejos de materiales que utilicen la gravedad. Tampoco se reconocieron oportunidades para implementarlo, mayoritariamente justificado por el gran tamaño y peso tanto de las materias primas como de los productos terminados.

6. Principio de la utilización del espacio

La planta de Steel cuenta con una gran altura, pero esto no necesariamente indica que haya una correcta utilización del espacio. El principal motivo de esto es la utilización de un puente grúa como herramienta para el manejo de materiales. No se cuenta con una eficiente utilización del espacio, pero nuevamente como consecuencia del tamaño y peso de las materias primas y de los productos terminados, no se encuentran alternativas viables para su optimización, debido a cuestiones de Seguridad en el ambiente laboral.

7. Principio del tamaño unitario

La carga unitaria es uno de los principios más utilizados en Steel. Dependiendo del tipo de producto, ya tienen definida cuál es la carga unitaria económicamente más rentable para su manipulación. En la Figura 41 se presentan ejemplos de carga unitaria utilizadas en Steel.

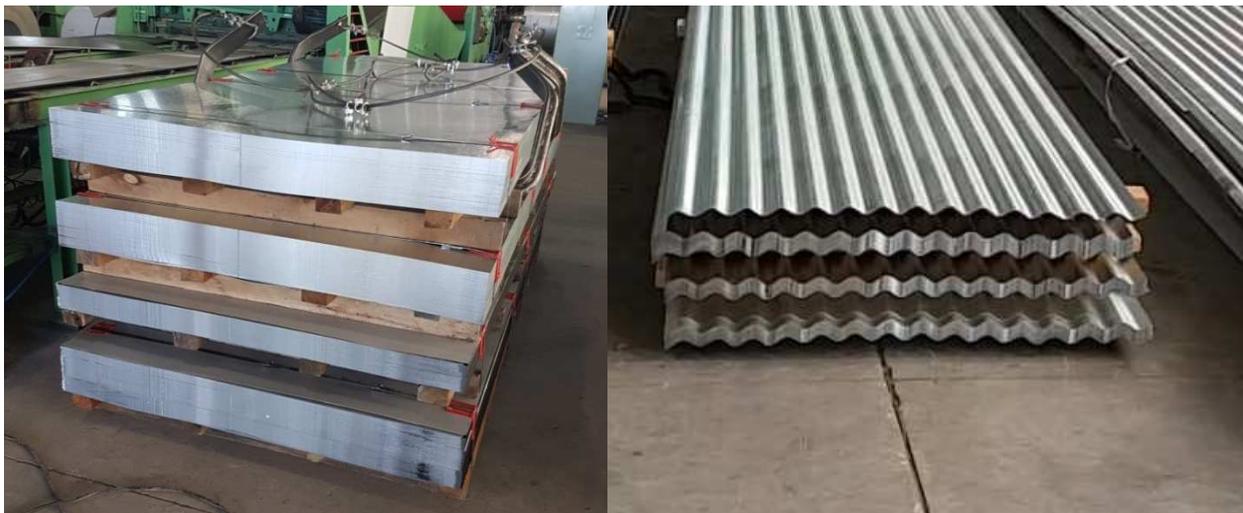


Figura 41: Paquetes de producto terminado CARGA UNITARIA

8. Principio de mecanización

El principio de mecanización es otro de los principios que más se aplica. También cabe mencionar que debido al peso de los materiales tratados, los movimientos manuales nunca fueron una opción.

Actualmente todas las herramientas utilizadas para el manejo de materiales son mecanizadas y entre ellas se encuentran la zorra hidráulica, el puente grúa, la grúa y un camión con brazo hidráulico.

9. Principio de automatización

La automatización no se encuentra desarrollada, al terminar un proceso un operario se debe acercar con la herramienta adecuada y transportar el producto terminado hasta el almacén de productos terminados.

10. Principio de selección de equipo

La selección de equipo no es la adecuada y es consecuencia de la falta de planificación. Las herramientas utilizadas fueron elegidas para necesidades específicas y no se pensó como sistema y a largo plazo, lo que podría haber generado una mayor eficiencia. Este principio es muy importante y una correcta utilización de la ecuación del manejo de materiales puede traer grandes resultados.

11. Principio de estandarización

Este principio es otro de los que no se encuentran aplicados. Como se mencionó previamente, los equipos utilizados para el manejo de materiales son distintos según el producto y el tamaño.

12. Principio de adaptabilidad

El principio de adaptabilidad solamente puede verse reflejado en el puente grúa. Este es la única herramienta que, gracias a las diferentes variaciones que posee para sus agarres y a su capacidad de cargar materiales de gran peso, se adapta a las distintas necesidades de transporte de materiales. También cuenta con la ventaja de que puede manejar grandes cantidades de producto.



13. Principio del peso muerto

El peso muerto es un principio correctamente aplicado en Steel. Las maquinarias utilizadas, a pesar de que no todas son necesarias o no son utilizadas eficientemente, son acordes a los materiales que se manejan.

El “peso inútil”, que se usa para describir el peso del material de empaque, se logra evitar gracias a que los paquetes de producto que Steel envía a Gas solo son sunchados, lográndose así evitar productos con peso excesivo de forma innecesaria.

14. Principio de utilización

El manejo de materiales, como se mencionó desde un principio, es uno de los aspectos que menos desarrollado tiene la empresa. Los transportes se realizan sobre la marcha y con las herramientas que se encuentran a disposición, siendo nulo el planeamiento. El principio de utilización no se ve ajeno a esta situación. No se tiene en claro cuantas veces por día será necesario realizar movimientos, así como tampoco se conoce cuanto tiempo demandará. Esto tiene como consecuencia la imposibilidad de planificar producción o establecer objetivos a tanto al corto como al largo plazo.

15. Principio de mantenimiento

No se realiza ningún mantenimiento ni preventivo ni predictivo. Las reparaciones se realizan cuando los equipos se rompen.

16. Principio de obsolescencia

Todos los cambios o adquisiciones que se realizan son reactivos respondiendo a una necesidad y/o un problema puntual y no se reemplazan los equipos porque salió uno mejor en el mercado o porque realiza el proceso más eficiente.

17. Principio de Control

No se lleva a cabo el principio de control en Steel.



18. Principio de capacidad

En los procesos actuales que se llevan a cabo en la empresa las mayores demoras se generan en los movimientos de materiales. Esto ocurre tanto con la llegada de la materia prima y su transporte a la zona de almacén, en el transporte del almacén hasta la carga de la bobina en la máquina y por último en el transporte del paquete, o conjunto de productos terminados, desde la máquina o la zona de almacenes hasta el camión que retira el producto. Todas estas secuencias demandan un 50% del tiempo que se destina a producción, lo que significa que en todos los procesos se está produciendo un 50% menos debido al manejo de materiales ineficiente.

19. Principio del rendimiento

En la empresa, el tiempo promedio que se dedica al manejo de materiales no baja del 25%, es decir, que por día se dedican 2 horas a mover materiales junto a los tiempos improductivos que estos generan. El 25% mencionado previamente es un promedio, es decir que hay días que en que la materia prima se encuentra en posición y se puede hacer un mayor énfasis en la producción, así como otros días se dedica exclusivamente a recibir materias primas, organizar los inventarios y cargar envíos.

20. Principio de seguridad

La seguridad es una prioridad en Steel y toda persona que entre en la empresa deberá cumplir con las normas de seguridad. Al manejarse productos de tamaños y pesos importantes, la seguridad no se puede pasar por alto. El personal cuenta en todo momento con calzado de seguridad y casco, y en los momentos que se realizan los movimientos de materiales se despeja la zona de recorrido, especialmente cuando el manejo de materiales se realice con el puente grúa.

3.3 Oportunidades de mejora identificadas

Localización

La localización es la primera oportunidad de mejora identificada. Al diseñar una nueva planta se busca localizarla en un lugar que cuente con la mayor cantidad de ventajas posibles, considerando los factores prioritarios de la organización.

Almacenamiento

La falta de capacidad de almacenamiento genera que la planta tenga que comenzar a producir una vez realizado el pedido, generando demoras. Con un dimensionamiento adecuado del almacén de productos terminados, no solo se podría evitar esto sino que se podría producir para Stock generando que el tiempo de entrega sea casi inmediato y aumentando notablemente la satisfacción del cliente, como también disminuyendo la capacidad ociosa.

A partir de los datos de capacidad y la ociosidad de la maquinaria productiva, expresadas en el cuadro 6 es posible deducir que una oportunidad de mejora clara es el aumento de las dimensiones del almacén.

Manejo de materiales

A partir del análisis de los veinte principios del manejo de materiales, se desprende claramente que el equipamiento de movimiento de materiales no es el adecuado y que podría obtenerse una mejora significativa a partir de una selección apropiada del mismo

Flejadora

Por último, una oportunidad de mejora detectada es la adquisición de una máquina flejadora. Como se mencionó previamente en el análisis de contexto, las bobinas que Steel compra a Siderar van directo a una planta en Pacheco donde se realiza el proceso de flejado. Poder evitar este eslabón de la cadena a través de una integración vertical no solo se reflejaría en un gran ahorro de dinero gracias a la eliminación los costos de logística y de contratación del servicio, sino que generaría un gran ahorro en términos de tiempos ya que se evitarían las demoras por tener las bobinas inmovilizadas en la planta de Pacheco.

3.4 Propuesta de mejora

Siguiendo con la metodología aplicable al Diseño de Instalaciones, expuesto en el marco teórico, en esta propuesta de mejora se realiza la elección de la localización de las instalaciones, seguido del cálculo y diseño de la Distribución en Planta.

3.4.1 Localización

En el siguiente estudio de localización se evaluarán tres alternativas utilizando la selección de localización por criterios múltiples y procesos de análisis jerárquicos.

Las tres alternativas son:

- Parque Industrial General Savio: Elegida por la calidad de servicios de soporte para funcionamiento de la planta e incentivos municipales.
- Terreno Cercano al Cliente: Se trata de un terreno muy próximo al principal cliente que es “Gas”, empresa la cual pertenece a los mismos dueños que “Steel”. De esta manera buscarían obtener ahorros logísticos y mejor control sobre las dos partes de la cadena, pero ubicándose en una zona no industrial, ni preparada para la instalación de una planta.
- Parque Logístico De León Medina: Lugar donde actualmente se encuentra instalada la planta. De esta manera se buscaría realizar una ampliación de la nave industrial, manteniéndose ubicados en un parque donde se encuentran empresas logísticas y los servicios de soporte no son los óptimos para el funcionamiento de la planta.

Los criterios que la empresa considera prioritarios para analizar son:

- Proximidad al cliente: Cercanía del potencial terreno a los principales clientes.
- Facilidades y Servicios de Soporte: Se trata de los servicios auxiliares para el funcionamiento de la planta. Por ejemplo: Energía Eléctrica, Servicios Cloacales. Etc. Es muy importante que la zona donde se encuentre el terreno haya sido diseñada para que las empresas prestadoras de servicios puedan brindar soporte a niveles óptimos para el correcto funcionamiento de la planta.
- Promoción Industrial: Es referido a incentivos municipales para elegir una ubicación la cual fue diseñada para alojar una planta. También alude a un reconocimiento de empresa apta para trabajar en zona industrial, referida a un sentido de pertenencia.

3.4.1.1. Matrices de comparación

En las matrices de comparaciones que se presentan en las tablas 7-10 se analizan las tres localizaciones, considerando los criterios enunciados.

Matrices de comparaciones:

Proximidad al Cliente	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina
Parque Industrial	1	1/5	1/2
Terreno Cercano al Cliente	5	1	6
Parque Logístico De León Medina	2	1/6	1
Total Columna	8	1,37	7,5

Tabla 7: Proximidad al cliente

Facilidades y Servicios de Soporte	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina
Parque Industrial	1	7	3
Terreno Cercano al Cliente	1/7	1	1/5
Parque Logístico De León Medina	1/3	5	1
Total Columna	1,47	13	4,2

Tabla 8: Facilidades y Servicios de Soporte

Promoción Industrial	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina
Parque Industrial	1	8	5
Terreno Cercano al Cliente	1/8	1	1/4
Parque Logístico De León Medina	1/5	4	1
Total Columna	1,32	13	6,25

Tabla 9: Promoción Industrial

Criterios	Proximidad al Cliente	Facilidades y Servicios de Soporte	Promoción Industrial
Proximidad al Cliente	1	1/7	1/5
Facilidades y Servicios de Soporte	7	1	1
Promoción Industrial	5	1	1
Total Columna	13	2,14	2,2

Tabla 10: Criterios



3.4.1.2. Síntesis

Matrices de comparación normalizadas

Proximidad al Cliente	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina	Promedio de fila
Parque Industrial	0,13	0,15	0,06	0,11
Terreno Cercano al Cliente	0,63	0,73	0,8	0,72
Parque Logístico De León Medina	0,25	0,12	0,13	0,17
			Total	1

Tabla 11: Proximidad al cliente

Promoción Industrial	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina	Promedio de fila
Parque Industrial	0,75	0,62	0,80	0,72
Terreno Cercano al Cliente	0,09	0,08	0,04	0,07
Parque Logístico De León Medina	0,15	0,31	0,16	0,21
			Total	1

Tabla 12: Promoción Industrial

Facilidades y Servicios de Soporte	Parque Industrial	Terreno Cercano al Cliente	Parque Logístico De León Medina	Promedio de fila
Parque Industrial	0,68	0,54	0,71	0,64
Terreno Cercano al Cliente	0,10	0,08	0,05	0,07
Parque Logístico De León Medina	0,23	0,38	0,24	0,28
			Total	1

Tabla 13: Facilidades y servicios de soporte

Criterios	Proximidad al Cliente	Facilidades y Servicios de Soporte	Promoción Industrial	Promedio de fila
Proximidad al Cliente	0,08	0,07	0,09	0,08
Facilidades y Servicios de Soporte	0,54	0,47	0,45	0,49
Promoción Industrial	0,38	0,47	0,45	0,44
			Total	1

Tabla 14: Criterios

Se consideran las prioridades de cada criterio en términos de la meta global. Tenemos 3 criterios con sus prioridades respecto a la meta global.

De la tabla 14, se obtiene el vector de prioridad de los criterios el cual se presenta en la tabla 15:

	Vector Prioridad de Criterios
Proximidad al Cliente	0,08
Facilidades y Servicios de Soporte	0,49
Promoción Industrial	0,44

Tabla 15: Vector Prioridad de Criterios

Según la información de la tabla, se puede observar que, respecto al objetivo global, el factor relacionado a las facilidades y servicios de soporte tiene la mayor prioridad con un 49% de aporte. En segundo lugar, se encuentra la promoción industrial con un 44% y finalmente la proximidad al cliente con un 8% de aporte.

Luego se procede a realizar la matriz de prioridades que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Se trata de una matriz de 3 criterios y 3 alternativas (3x3). Cada valor es la prioridad de la alternativa con respecto a cada criterio.

Los coeficientes de la matriz de prioridades para el caso estudiado se detallan en la siguiente tabla:

Matriz de prioridades	Proximidad al Cliente	Facilidades y Servicios de Soporte	Promoción Industrial
Parque Industrial	0,11	0,64	0,72
Terreno Cercano al Cliente	0,72	0,07	0,07
Parque Logístico De León Medina	0,17	0,28	0,21

Tabla 16: Matriz de prioridad

3.4.1.3. Análisis de consistencia

- Se multiplica cada valor de la primera columna de la matriz de comparaciones pareadas por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente con las otras prioridades.

$$\text{Proximidad al Cliente} \quad 0,11 \begin{bmatrix} 1 \\ 5 \\ 2 \end{bmatrix} + 0,72 \begin{bmatrix} 1/5 \\ 1 \\ 1/6 \end{bmatrix} + 0,17 \begin{bmatrix} 1/2 \\ 6 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,34 \\ 2,29 \\ 0,51 \end{bmatrix}$$

$$\text{Facilidades y Servicios de Soporte} \quad 0,64 \begin{bmatrix} 1 \\ 1/7 \\ 1/3 \end{bmatrix} + 0,07 \begin{bmatrix} 7 \\ 1 \\ 5 \end{bmatrix} + 0,28 \begin{bmatrix} 3 \\ 1/5 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,97 \\ 0,22 \\ 0,84 \end{bmatrix}$$

$$\text{Promoción Industrial} \quad 0,72 \begin{bmatrix} 1 \\ 1/8 \\ 1/5 \end{bmatrix} + 0,07 \begin{bmatrix} 8 \\ 1 \\ 4 \end{bmatrix} + 0,21 \begin{bmatrix} 5 \\ 1/4 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,33 \\ 0,21 \\ 0,63 \end{bmatrix}$$



- Se dividen los elementos del vector de sumas ponderadas de la etapa 1 con el correspondiente valor de prioridad:

Proximidad al Cliente

$$\frac{0,34}{0,11} = 3,09$$

$$\frac{2,29}{0,72} = 3,18$$

$$\frac{0,51}{0,17} = 3$$

Facilidades y Servicios de Soporte

$$\frac{1,97}{0,64} = 3,08$$

$$\frac{0,22}{0,07} = 3,14$$

$$\frac{0,84}{0,28} = 3$$

Promoción Industrial

$$\frac{2,33}{0,72} = 3,2$$

$$\frac{0,21}{0,07} = 3$$

$$\frac{0,63}{0,21} = 3$$

- Se evalúa el promedio de los valores que se determinaron en la etapa 2; este promedio se denota mediante λ máx.:

Proximidad al Cliente:

$$\frac{3,09 + 3,18 + 3}{3} = 3,09 = \lambda \text{ máx}$$

Facilidades y Servicios de Soporte:

$$\frac{3,08 + 3,14 + 3}{3} = 3,07 = \lambda \text{ máx}$$

Promoción Industrial:

$$\frac{3,2 + 3 + 3}{3} = 3,07 = \lambda \text{ máx}$$

- Se calcula el Índice de Consistencia (IC) a partir de la fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

Donde n = número de alternativas= 3.

Proximidad al Cliente:

$$\frac{3,09 - 3}{3 - 1} = IC = 0,045$$

Facilidades y Servicios de Soporte:

$$\frac{3,07 - 3}{3 - 1} = IC = 0,035$$

Promoción Industrial:

$$\frac{3,07 - 3}{3 - 1} = IC = 0,035$$

5. Se calcula el RC para cada uno de los criterios según la fórmula y se verifican si los valores exceden de 0,10.

$$RC = (IC/IA)$$

El índice de consistencia aleatoria (IA) es 0,58 para n=3. (Tres alternativas)

Nº de Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Figura 42: Índices de consistencias

Proximidad al Cliente:

$$\frac{0,045}{0,58} = RC = 0,07$$

Facilidades y Servicios de Soporte:

$$\frac{0,035}{0,58} = RC = 0,06$$

Promoción Industrial:

$$\frac{0,035}{0,58} = RC = 0,06$$

Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. Por lo tanto, el nivel de consistencia es aceptable.

3.4.1.4. Resultados finales

Se obtiene la prioridad global para cada alternativa de decisión a partir del vector de jerarquización que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios. Dicho vector se puede ver en la siguiente figura (Figura 43).

Matriz de prioridades	Proximidad al Cliente	Facilidades y Servicios de Soporte	Promoción Industrial	X	Vector Criterios	=	Vector Jerarquización
Parque Industrial	0,11	0,64	0,72		0,08		0,6392
Terreno Cercano al Cliente	0,72	0,07	0,07		0,49		0,1227
Parque Logístico De León Medina	0,17	0,28	0,21		0,44		0,2432

Figura 43: Vector de Jerarquización

El resultado obtenido indica que el Parque Industrial General Savio es la mejor alternativa para la localización de la fábrica.

A partir del resultado obtenido se realizará el diseño de la Distribución en Planta para un lote estándar del Parque Industrial. Las dimensiones de un lote estándar se especifican a continuación:



Figura 44: Lote del Parque industrial

Como se puede apreciar en la figura 44, el terreno cuenta con un ancho de 100 m y un largo de 220 m, totalizando un terreno de 22.000 m². También, cuentan con la



particularidad de poseer calle a ambos lados lo será una ventaja fundamental al momento de analizar las recepciones y los envíos.

3.4.2 Diseño de la Distribución en Planta

3.4.2.1 Proyección de la producción

Una etapa fundamental para poder determinar las necesidades con las que se va a enfrentar la futura planta es poder determinar cuál será la demanda futura. A través de un pronóstico adecuado, se puede especificar cuanto será necesario producir y poder establecer un plan estratégico para ordenar a la compañía para el mediano y largo plazo. A través de una correcta planeación es que se cree que se puede alcanzar el óptimo de eficiencia y eficacia.

A través de la producción histórica, y mediante el uso de la herramienta Predictor dentro del software “CrystalBall” en Microsoft Excel, se pasó a estimar los futuros requerimientos de producción. Este análisis se realizó de forma individual para las 5 líneas y la proyección se realizó para los años restantes del 2018 (a partir de septiembre que fue cuando se obtuvieron los datos) hasta cumplir la totalidad del año 2019. Sus resultados se presentan en el anexo (Anexos 1 a 5).

Otro aspecto a tener en cuenta para estimar los requerimientos de producción es la existencia de un potencial mercado al sur de la provincia de Buenos Aires mencionado al inicio del informe. Realizando entrevistas con el Jefe de Planta nos informó que la dimensión de este nuevo mercado será aproximadamente de un peso del 10% de la capacidad productiva de Steel.

En la tabla 17 se especifica, en función del pronóstico realizado en base a datos históricos más la estimación realizada debido a la incorporación de nuevos mercados, la producción proyectada para la cual se diseñará la nueva planta:

Línea	Unidades	Producción objetivo (diaria)	% mermas	Producción objetivo con mermas
Perfiladora China	m lineal	1.551	3%	1.597
Perfiladora Nacional (IVANAR)	m lineal	664	3%	684
Chapa acanalada (OLMA)	m lineal	2.049	3%	2.110
Chapa lisa FAGOR	unidades	576	3%	593
Chapa lisa UNGERER	unidades	90	3%	92

3.4.2.2 Cálculo de la tasa de Tabla 17: Producción objetivo planta objetivo

Una vez obtenida la meta de producción por línea de producto, se pasó a especificar el tiempo asignado para producir dichas unidades.

Jornada laboral:	9 horas x 60 minutos = 540 minutos
Almuerzo:	60 minutos
Descanso:	30 minutos
Tiempo real de trabajo:	540 - 60 - 30 = 450
Eficiencia de la planta:	c.70%
Tiempo productivo:	450 minutos x 70% = 315 minutos

Finalmente, con los datos de la meta de producción y el tiempo productivo por día se pasó a calcular la tasa de planta por línea.

$$\text{Tasa de Planta} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo productivo diario}}{\text{Producción objetivo diaria}}$$

Considerando los valores de demanda esperados para cada uno de los productos, en la tabla 18 se presentan sus correspondientes valores de tasa de planta.

Línea	Tasa de planta (min/m)
Perfiladora China	0,19
Perfiladora Nacional (IVANAR)	0,46
Chapa acanalada (OLMA)	0,15
Chapa lisa FAGOR	0,53
Chapa lisa UNGERER	3,42

Tabla 18: Tasas de planta

3.4.2.3. Cálculo del número de máquinas

A partir de la tasa de planta y de la demanda prevista (Tablas 17 y 18) es posible calcular el n° de máquinas necesario para satisfacer dicha demanda. La tabla 19 presenta el resultado.

Línea	Tiempo estándar	Tasa de Planta	N° Máquinas
Perfiladora China	0,09	0,19	$0,47 \cong 1$
Perfiladora Nacional (IVANAR)	0,12	0,46	$0,26 \cong 1$
Chapa acanalada (OLMA)	0,06	0,15	$0,40 \cong 1$
Chapa lisa FAGOR	0,16	0,53	$0,30 \cong 1$
Chapa lisa UNGERER	0,71	3,42	$0,20 \cong 1$

Tabla 19: N° de máquinas

A partir de la tabla 19 se concluye que el número de máquinas necesarias es de una máquina por operación.

3.4.2.4. Diseño del proceso

Dadas las características del proceso expuestas en el relevamiento, en este punto se considera la alternativa de incorporar una máquina flejadora, a efectos de eliminar la tercerización de dicha tarea, dadas las desventajas que trae aparejadas.

Flejadora

Como se mencionó en las oportunidades de mejora, se deberá incluir una flejadora. Las características de las mismas se presentan a continuación (Ver figura 45):

- Velocidad de producción (dato obtenido de la empresa que comercializa dicha máquina): **80 m/min** (0,0125 min/m)
- Tasa de Planta: Teniendo en cuenta que la flejadora será la encargada de alimentar a las líneas de producción se debe contemplar las necesidades de producción de todas ellas, ya que la flejadora es la máquina que prepara las bobinas para todas las líneas.

Producción objetivo total diaria:

$$1.551 \text{ m} + 664 \text{ m} + 2.049 \text{ m} + 576 \text{ u} \times 2,44 \text{ m/u} + 90 \text{ u} \times 6 \text{ m/u} = 6.209 \text{ m}$$

Tasa de Planta:

$$315 \text{ min} / 6.209 \text{ m} = \mathbf{0,05 \text{ min/m}}$$

Línea	Tiempo estándar	Tasa de Plata	N° Máquinas
Flejadora	0,0125	0,05	0,25 \cong 1

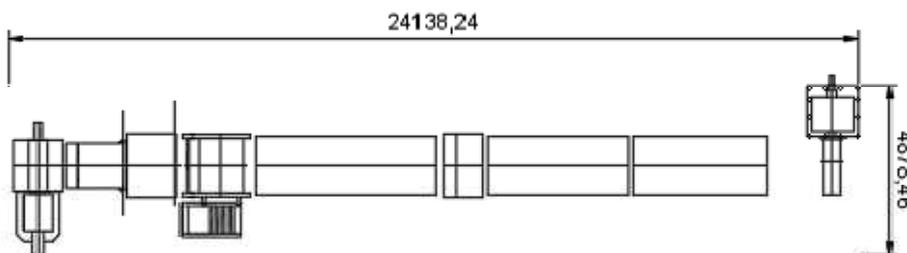


Figura 45: Flejadora

- Largo: 24,1 m
- Ancho: 4,9 m

A partir del análisis realizado se concluye que se deberá adquirir una máquina flejadora.

En Anexo 3 se presenta el balanceo de la producción de la flejadora con el resto de la maquinaria. Se concluye del mismo la necesidad de un almacén WIP – que más adelante denominamos Almacén de Materias Primas 2-, cuya capacidad será de 8 bobinas galvanizadas flejadas (4 por cada línea perfiladora) con el fin de almacenar las bobinas pequeñas flejadas una vez finalizado el proceso de flejado.

3.4.2.5 Diagrama de relación de actividades

Los sectores a relacionar en la nueva distribución figuran en la tabla20:

Número del Sector	Nombre del Sector
1	Almacén de Materias Primas 1
2	Almacén de Materias Primas 2
3	Almacén de PT
4	Sanitarios
5	Sala de Reuniones
6	Oficina de Jefe de Planta
7	Flejadora
8	Línea UNGERER
9	Línea FAGOR
10	Perfiladora China
11	Perfiladora IVANAR
12	Línea OLMA
13	Recepción
14	Expedición

Tabla 20: Listado de áreas a relacionar

En el diagrama de relación de actividades de la figura 46 se presenta, debajo de cada código de cercanía, un código de razón que indica el motivo por el cual se escogió dicha codificación y responde a las siguientes referencias (Presentada en tabla 21):

Código	Razón
1	Movimiento de personas
2	Flujo de material
3	Comunicación
4	Supervisión
5	Polvo

Tabla 21: Razón de cercanías

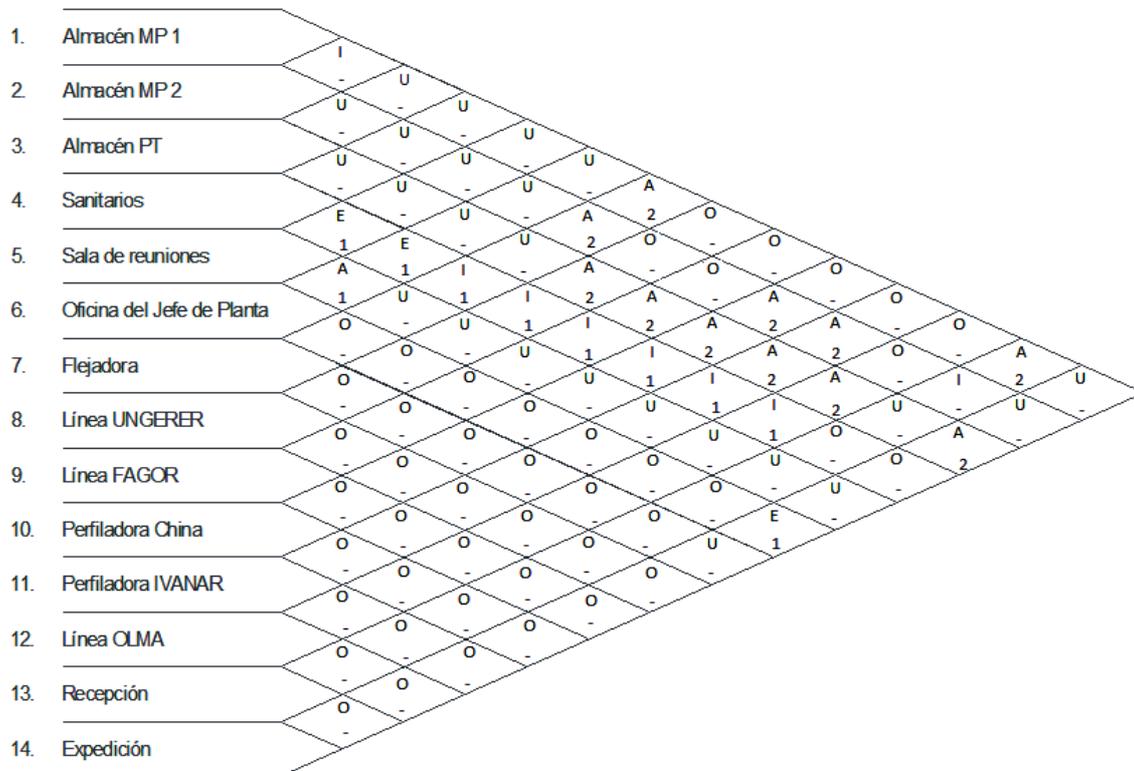


Figura 46: Diagrama de relación de actividades

- Diagrama adimensional de bloques

La figura 47 presenta el diagrama adimensional de bloques resultante para Steel.

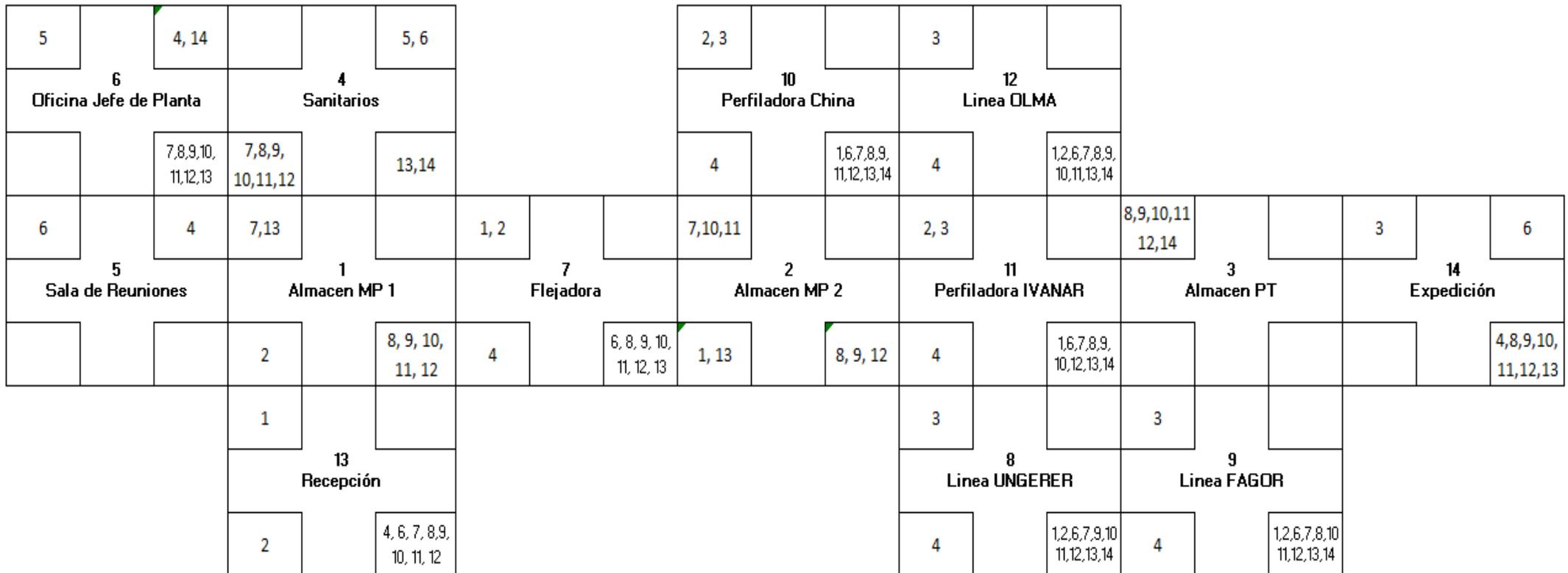


Figura 47: Diagrama adimensional de bloques

3.4.2.6 Cálculo de requerimientos de espacios para las estaciones de manufactura

En esta sección se calculan los requerimientos de espacio de las distintas estaciones de manufactura. Estas se encuentran resumidas en la siguiente tabla (Tabla 22) y se obtienen considerando un espacio dedicado a pasillos del 150%:

Línea	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)	Superficie considerando pasillos (m ²)
Perfiladora China	23,6	2,1	49,5	123,7
Perfiladora Nacional IVANAR	34,1	4,2	143,2	358,0
OLMA	43,4	6,5	282,1	705,2
FAGOR	16,4	4,4	72,1	180,2
UNGERER	21,2	8,1	171,7	429,2
Flejadora	24,1	4,8	115,6	289,0
Total			834,2	2.085,5

Tabla 22: Requerimientos de espacios para estaciones de manufactura

A partir de la tabla 22 se concluye que el espacio necesario para las estaciones de manufactura será de **2.085 m²**.

3.4.2.7 Cálculo de requerimientos de espacios para los servicios auxiliares

Recepción y envíos

Al analizar los requerimientos de espacios para servicios auxiliares, se busca que el flujo de materiales transite de forma recta a través de la planta ya que se traduce en un flujo más eficiente. Es por ello que para el diseño de instalaciones se propondrá una distribución con dichas características, teniendo en cuenta que se posee la ventaja de contar con un terreno que posee calles a ambos lados.

Para ello, las medidas a considerar son las siguientes:

1. Los camiones utilizados ya sea para ingreso de materias primas como para la salida de productos terminados, son camiones de 18,6 m de largo. Cabe mencionar que no se debe contar con la totalidad del largo del camión para dimensionar áreas exteriores ya que al ser cargados con puentes grúas, se debe ingresar como mínimo 14 m del largo del camión dentro de las instalaciones para completar esta tarea.
2. Para el espacio de maniobras se consideró lo recomendado por la bibliografía que son 14 m.

3. Todos los camiones, tanto para recepción como para envíos, ingresarán de reversa por la entrada o la salida de la fábrica para ser descargados o cargados respectivamente.

Requerimientos de espacios para los almacenes

Para el diseño de los almacenes de materias primas en primer lugar se buscó una solución para el almacenamiento de las bobinas que, debido a sus grandes dimensiones, resultan dificultosas ordenar de una forma adecuada además de ser peligrosas como consecuencia de sus elevados pesos.

De esta forma es que se eligió como método de almacenamiento el sistema Rollblock, de la marca LankhorstMouldings (Fuente: <https://www.coilstorage.com/en>). Los Rollblock se montan sobre perfiles UNP y no tienen posición fija, es decir pueden moverse en función de los diámetros de las bobinas lo que resulta ideal cuando hay gran variedad de diámetro. También permite el apilamiento en tres niveles (Figura 48 y 49). Sus principales ventajas son:

- Mejora de la seguridad del personal
- Apilado en tres alturas
- Menos daño de las bobinas
- Gran capacidad de carga
- Flexible y eficiente

Producto	Tipo	Aplicación	UNP Perfil	Diametros bobinas (mm)	Carga máx. (tons)
Storageblock	RB 55/16-2	Standard	180	875 - 2500	100

Tabla 23: Especificaciones técnicas Rollblocks



Figura 48: Sistema Rolblock de almacenamiento de bobinas



Figura 49: Sistema Rolblock de almacenamiento de bobinas

Mediante el uso del sistema Rolblock se consigue una disminución significativa de los requerimientos de espacios de los almacenes de materias primas y disminuye riesgos ya que evita las probabilidades de un derrumbe. Es por ello que el diseño de almacenes se realizará contemplando el uso de este sistema.

Almacén de Materias Prima 1

La política de inventarios definida por la dirección indica que el almacén deberá tener capacidad de almacenar los insumos requeridos para dos meses de producción. De esta forma, se calcularán los almacenes para un mes de producción considerando la metodología propuesta en el Meyer que plantea dimensionar para $Q/2$. En consecuencia, la política de inventarios se traduce en el almacenamiento de 341 bobinas de stock.

Esta cantidad se obtiene en función de la siguiente información:

- Capacidad productiva (con mermas):
 - Perfiladora China: 3.603 m
 - Perfiladora Nacional IVANAR: 2.614 m
 - Chapa Acanalada OLMA: 4.943 m
 - Laminadora FAGOR: 4.869 m (2,44 m x 1.995 un)
 - Laminadora UNGERER: 2.652 m (6m x 442 un)
- Tipos de bobinas utilizadas por línea:
 - Perfiladora China: Bobinas Galvanizadas, 2.011 m de largo cada unidad de bobina
 - Perfiladora Nacional IVANAR: Bobinas Galvanizadas, 2.011 m de largo cada unidad de bobina
 - Chapa Acanalada OLMA: Bobinas Galvanizadas Color, 707 m de largo cada unidad de bobina
 - Laminadora FAGOR: Bobinas LAF (Laminado en frio), 2.344 m de largo cada unidad de bobina
 - Laminadora UNGERER: Bobinas LAC (Laminado en caliente), 371 m de largo cada unidad de bobina
- Dimensiones de Bobinas (promedios):

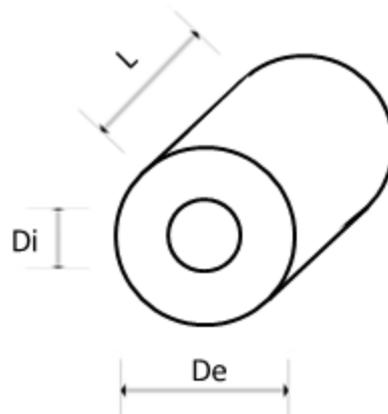


Figura 50: Esquematización de una bobina

- Bobina Galvanizada:
 - Largo: 1,11 m
 - Diámetro Interno: 0,5 m
 - Diámetro Externo: 1,2 m
- Bobina Galvanizada Color:
 - Largo: 1,2 m
 - Diámetro Interno: 0,5 m
 - Diámetro Externo: 0,9 m
- Bobina LAF:
 - Largo: 1,5 m
 - Diámetro Interno: 0,6 m
 - Diámetro Externo: 1,3 m
- Bobina LAC:
 - Largo: 1,145 m
 - Diámetro Interno: 0,7 m
 - Diámetro Externo: 1,3 m

Teniendo en cuenta esta información se procede a calcular las bobinas necesarias a almacenar:

- Cantidad necesaria de Bobinas Galvanizadas para 1 mes de producción:
$$\text{Cant. Bobinas Galvanizadas} = ((3.603 \text{ m} \times 20 \text{ días}) + (2.614 \text{ m} \times 20 \text{ días})) / 2.011 \text{ m} / 4 = 16 \text{ Unidades de Bobinas Galvanizadas}$$
- Cantidad necesaria de Bobinas Galvanizadas Color para 1 mes de producción:
$$\text{Cant. Bobinas Galvanizadas Color} = (4.943 \text{ m} \times 20 \text{ días}) / 707 \text{ m} = 140 \text{ Unidades de Bobinas Galvanizadas Color}$$
- Cantidad necesaria de Bobinas LAF para 1 mes de producción:
$$\text{Cant. Bobinas LAF} = (4.869 \text{ m} \times 20 \text{ días}) / 2.344 \text{ m} = 42 \text{ Unidades de Bobinas LAF}$$
- Cantidad necesaria de Bobinas LAC para 1 mes de producción:
$$\text{Cant. Bobinas LAC} = (2.652 \text{ m} \times 20 \text{ días}) / 371 \text{ m} = 143 \text{ Unidades de Bobinas LAC}$$

Total de Bobinas a Almacenar = 341 unidades

El sistema Rollblock como se mencionó previamente posee la ventaja de poder apilar las bobinas en 3 niveles, convirtiendo la superficie necesaria para almacenamiento en una superficie notablemente menor. Esto se debe a que a medida que se sube el nivel la capacidad para almacenar bobinas se disminuye en 1 (Figura 51).

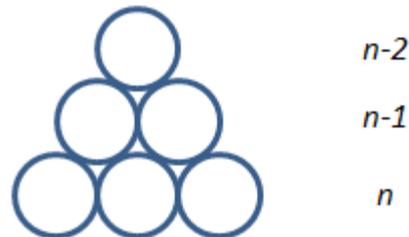


Figura 51: Esquemmatización del apilado de bobinas

De esta forma para determinar cuál es la superficie de piso necesaria primero se deberá determinar el número de bobinas a ser colocadas en el primer nivel.

Bobinas por tipo = $n + (n - 1) + (n - 2)$; siendo n el nº de bobinas en el 1er nivel

Despejando para cada tipo de bobina, obtenemos los siguientes resultados:

- **Bobinas Galvanizada:** 7 bobinas en el primer nivel
- **Bobinas Galvanizadas Color:** 48 bobinas en el primer nivel
- **Bobinas LAF:** 15 bobinas en el primer nivel
- **Bobinas LAC:** 49 bobinas en el primer nivel

Para obtener la superficie total que tendrá el almacén de MP1 no solo se debe saber la cantidad de bobinas que serán colocadas en el primer nivel, sino también sus diámetros y la separación entre bobinas. Para la separación entre bobinas se recomienda que esta no sea menor a 5 cm por lo que se eligió la medida recomendada de 5 cm. A continuación, tomando las bobinas en el primer nivel, la separación entre bobinas y los diámetros externos para cada tipo de bobina se pasó a calcular la superficie del AMP1.

$$\text{Superficie por tipo de bobina} = (n * De + (n - 1) * 0,05 m) * L$$

Con:

n: bobinas en el primer nivel

De: Diámetro externo

L: Largo de Bobina

Ingresando los datos en la ecuación antes propuesta obtenemos la superficie por tipo de bobina. Los resultados se presentan a continuación:

- **Bobinas Galvanizada:** 9,6 m²
- **Bobinas Galvanizadas Color:** 54,7 m²
- **Bobinas LAF:** 30,5 m²
- **Bobinas LAC:** 75,7 m²

Del análisis se concluye que el espacio dedicado a bobinas será de 171 m². Sumado a esto se tomará como distancia entre filas de bobinas 2 metros. Esta medida es tomada teniendo en cuenta el largo de los ganchos de elevación seleccionados para el transporte de bobinas que serán detallados más adelante.

Almacén de Materias Primas 2

En esta sección se buscará obtener el requerimiento de espacio necesario para el almacén de materias primas 2, el cual albergará las bobinas Galvanizadas luego de pasar por el proceso de flejado (pequeño almacén transitorio). (Ver Anexo 6)

La particularidad de las bobinas galvanizadas es que cuando son flejadas se dividen en 4 bobinas más pequeñas, gracias a que alimentan a las máquinas perfiladoras la cual requiere bobinas de menor largo por las características del producto. De esta forma la función de este almacén será albergar las bobinas recientemente flejadas hasta su procesamiento.

Como se mencionó las bobinas galvanizadas luego de ser flejadas se convierten en bobinas de menor largo. Por esto se cambiará el sistema de almacenamiento a uno llamado Storageblocks. Este está pensado para bobinas de menor largo y posee un sistema de varillas que tiene como objetivo evitar que las bobinas se caigan de forma lateral (Figuras 52 y 53).

Producto	Tipo (cm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Angulo (°)	Diametros (mm)	Carga máx. (tons)
Storageblock	100 x 80 x 14	1000	800	135	15	500-2400	60

Tabla 24: Especificaciones técnicas Storageblocks



Figura 52: Sistema Storageblocks



Figura 53: Sistema Storageblocks

Cuando se trata de flejar las bobinas para las perfiladoras (líneas China e IVANAR), se obtienen de una bobina, 4 bobinas más pequeñas. Por lo tanto se diseñará el almacén de tal forma que se puedan almacenar estas 4 bobinas por línea, totalizando un número de 8 bobinas.

- Bobina Galvanizada:
 - Largo: 1,11 m
 - Diámetro Interno: 0,5 m
 - Diámetro Externo: 1,2 m

- Bobina Galvanizada chicas (luego de ser flejada):
 - Largo: 0,27 m
 - Diámetro Interno: 0,5 m
 - Diámetro Externo: 1,2 m

$$\text{Superficie por tipo de bobina} = (n * De + (n - 1) * 0,05 m) * L$$

Con:

n: bobinas a ser almacenadas

De: Diámetro externo

L: Largo de Bobina

- **Bobinas Galvanizadas chicas:** 2,7 m²

De esta manera se obtiene que el AMP2 deberá ser de 2,7 m².

Almacén de Productos Terminados

La política de inventarios definida por la dirección indica que se requiere un sector donde se pueda almacenar los productos terminados requeridos para un mes de venta pronosticada. A continuación se determinarán los requerimientos para dicho almacén.

- Producción objetivo diaria (con mermas):

- Perfiladora China: 300 unidades
- Perfiladora Nacional IVANAR: 218 unidades
- Chapa Acanalada OLMA: 412 unidades
- Laminadora FAGOR: 1.995 unidades
- Laminadora UNGERER: 442 unidades
- Dimensiones de la Unidades (medidas máximas):
 - Perfil C, Perfiladora China:
 - Largo: 12 m
 - Ancho: 0,1 m
 - Alto: 0,045 m
 - Perfil C, Perfiladora IVANAR:
 - Largo: 12 m
 - Ancho: 0,12 m
 - Alto: 0,05 m
 - Chapa Acanalada, Acanaladora OLMA:
 - Largo: 12 m
 - Ancho: 1,5 m
 - Chapa Lisa, Laminadora FAGOR:
 - Largo: 2,44 m
 - Ancho: 1,22 m
 - Chapa Lisa, Laminadora UNGERER:
 - Largo: 6 m
 - Ancho: 1,22 m
- Formas de Almacenamiento de Unidades:
 - Perfil C, Perfiladora China: Los perfiles se encastran como se puede visualizar en la figura 51 (2 perfiles juntos) y se ordenan con 4 grupos a lo ancho y 6 a lo alto (48 Unidades/Paquete), permitiéndose apilar hasta 5 paquetes.
 - Perfiles C, Perfiladora IVANAR: Los perfiles se encastran como se puede visualizar en la figura 54 (2 perfiles juntos) y se ordenan con 3 grupos a lo ancho y 6 a lo alto (36 Unidades/Paquete), permitiéndose apilar hasta 5 paquetes.



Figura 54: Forma de apilación de perfiles C

- Chapa Acanalada, línea OLMA: Los paquetes se conforman de a 50 unidades y se permite el apilado de hasta 6 paquetes.
- Chapa Lisa, Laminadora FAGOR: Los paquetes se conforman de a 100 unidades y se permite el apilado de hasta 6 paquetes.
- Chapa Lisa, Laminadora UNGERER: Los paquetes se conforman de a 50 unidades y se permite el apilado de hasta 6 paquetes.

Teniendo en cuenta esta información se procede a calcular los paquetes necesarios a almacenar:

- Cantidad de paquetes necesarios para Perfiles C (Perfiladora China) = $((300 \text{ unidades} \times 20 \text{ días}) / (48 \text{ unidades/paquete})) = 125 \text{ Paquetes}$
- Cantidad de paquetes necesarios para Perfiles C (Perfiladora IVANAR) = $((218 \text{ unidades} \times 20 \text{ días}) / (36 \text{ unidades/paquete})) = 122 \text{ Paquetes}$
- Cantidad de paquetes necesarios para Chapa Acanalada (Acanaladora OLMA) = $((412 \text{ unidades} \times 20 \text{ días}) / (50 \text{ unidades/paquete})) = 165 \text{ Paquetes}$
- Cantidad de paquetes necesarios para Chapa Lisa (Laminadora FAGOR) = $((1.995 \text{ unidades} \times 20 \text{ días}) / (100 \text{ unidades/paquete})) = 399 \text{ Paquetes}$
- Cantidad de paquetes necesarios para Chapa Lisa (Laminadora UNGERER) = $((442 \text{ unidades} \times 20 \text{ días}) / (50 \text{ unidades/paquete})) = 177 \text{ Paquetes}$

Luego de obtener la cantidad de paquetes necesarios a almacenar se calcula las posiciones necesarias para dichos paquetes, teniendo en cuenta los límites en cantidad de paquetes apilados mencionados previamente:

- Cantidad de posiciones para Perfiles C (Perfiladora China) = $125 \text{ paquetes} / 5 = 25$ Posiciones
- Cantidad de posiciones para Perfiles C (Perfiladora IVANAR) = $122 \text{ paquetes} / 5 = 25$ Posiciones
- Cantidad de posiciones para Chapa Acanalada (Acanaladora OLMA) = $165 \text{ paquetes} / 6 = 28$ Posiciones
- Cantidad de posiciones para Chapa Lisa (Laminadora FAGOR) = $399 \text{ paquetes} / 6 = 66$ Posiciones
- Cantidad de posiciones para Chapa Lisa (Laminadora UNGERER) = $177 \text{ paquetes} / 6 = 30$ Posiciones

Total de posiciones necesarias = 175 Posiciones

Los espacios requeridos por las posiciones son las siguientes:

- Perfiles C (Perfiladora China) = $((25 \text{ posiciones} \times (0,1\text{m} \times 4)) \times 12\text{m}) = 120 \text{ m}^2$
- Perfiles C (Perfiladora IVANAR) = $(25 \text{ posiciones} \times (0,12\text{m} \times 3) \times 12\text{m}) = 108 \text{ m}^2$
- Chapa Acanalada (Acanaladora OLMA) = $(28 \text{ posiciones} \times 1,5\text{m} \times 12\text{m}) = 504 \text{ m}^2$
- Chapa Lisa (Laminadora FAGOR) = $(67 \text{ posiciones} \times 1,22\text{m} \times 2,44\text{m}) = 200 \text{ m}^2$
- Chapa Lisa (Laminadora UNGERER) = $(30 \text{ posiciones} \times 1,22\text{m} \times 6\text{m}) = 220 \text{ m}^2$

Total de m² necesarios = 1.152 m²

A esto se suma los requerimientos de espacios para pasillos. Gracias a las características de los productos y de las herramientas utilizadas para el manejo de materiales los paquetes de producto terminando estarán separados por 1,5 m para que puedan ser desplazados con facilidad.

3.4.2.8 Cálculo de requerimientos de espacio para los empleados

Una vez obtenido el número de máquinas se puede calcular el número de empleados requerido. La nómina actual de la planta está conformada por 8 empleados. Estos son el jefe de planta, el jefe de mantenimiento, dos operarios de mantenimiento, un jefe de calidad, un operario de calidad y dos conductores que conforman el área de logística. De esta forma solo se cuentan con 5 empleados trabajando en procesos.

De acuerdo a las características de operación de la maquinaria y de la planta, se estima que se requerirán 2 operarios por máquina y 2 operarios para el manejo de materiales y carga y descarga de camiones por almacén. De esta forma se obtiene:

- Trabajadores necesarios: $2 \times 6 \text{ máquinas} + 2 \times 2 \text{ almacenes} = 16$

Junto con los 5 trabajadores actuales en planta se deberán contratar 11 empleados, totalizando un número de 19 empleados sin contar el dueño.

- *Estacionamiento*

El espacio dedicado a estacionamiento no contará con clasificaciones según puesto y será diseñado para un lugar por trabajador. Esto se debe fundamentalmente a la distancia a la cual se encuentra el parque industrial y que existe una única línea de colectivo que llega hasta la puerta de ingreso al mismo.

Las medidas del estacionamiento serán las de autos chicos (2,4 m de ancho x 4,5 m de largo) y el espacio dedicado a estacionamiento saldrá directamente de multiplicar el espacio por estacionamiento (10,8 m) por el número de empleados. Para este cálculo no se tuvieron en cuenta los conductores debido a que los camiones utilizados son estacionados en Gas, por lo que a Steel estos llegan directamente manejando los camiones. Por otro lado se contemplaron 2 espacios adicionales para personas externas a la empresa, como pueden ser proveedores y clientes.

- N° total de estacionamientos: 20
- Espacio dedicado a estacionamiento: $20 \times 10,8 = 216 \text{ m}^2$

Entrada para empleados

La entrada para empleados se ubicará próxima al estacionamiento para un rápido y práctico ingreso a la planta.

- *Sanitarios y Vestuarios*

Para el espacio dedicado a sanitarios además del baño para hombres se incluirá un baño para mujeres.

Teniendo en cuenta que el número total de trabajadores alcanzará a ser de 20 personas se decidió en el sanitario de hombres colocar un excusado, un mingitorio y dos lavabos. En cambio el sanitario de mujeres solo contará con un excusado y un lavabo.

- Sanitario de hombres:
 - 1 Excusado: $1,4 \text{ m}^2$
 - 1 Mingitorio: $0,83 \text{ m}^2$
 - 2 Lavabo: $2 \times 1,4 \text{ m}^2 = 2,8 \text{ m}^2$
 - Total: $(1,4 \text{ m}^2 + 0,83 \text{ m}^2 + 2,8 \text{ m}^2) \times 1,5 = 7,5 \text{ m}^2$

- Sanitario de mujeres:
 - 1 Excusado: $1,4 \text{ m}^2$
 - 1 Lavabo: $1,4 \text{ m}^2$
 - Total: $(1,4 \text{ m}^2 + 1,4 \text{ m}^2) \times 1,5 = 4,2 \text{ m}^2$

Por el lado de los Vestuarios, el espacio destinado a ellos se calcula como la cantidad de empleados por $0,4 \text{ m}^2$.

- N° total de personal: 20
- Espacio dedicado a vestuarios: $20 \times 0,4 = 8 \text{ m}^2$

3.4.2.9 Selección de equipos para movimiento de materiales y cálculo de Requerimientos de espacios

Cómo última decisión dentro de la propuesta se encuentra la selección de equipos para el movimiento de materiales y el espacio requerido para los mismos. En la actualidad, Steel cuenta con un único puente grúa que se vió que para la nueva instalación no será suficiente. De esta forma se presentan a continuación las herramientas para el manejo de materiales a ser incorporados:

- Se deberán adicionar al existente 8 puentes grúas, repartidos en 5 sistemas de rieles con dos puentes grúas por sistema de riel exceptuando por el puente grúa que alimentará a las líneas ni bien el producto termina de ser flejado. La cantidad de puentes grúa busca lograr que la carga / descarga de material de las líneas de producción se pueda realizar en simultáneo con la carga/descarga de camiones, además de la organización de los almacenes de productos terminados.

- Para los puentes grúa que deban trasladar bobinas se propone adquirir un gancho de elevación para cada uno para facilitar y agilizar el transporte de las mismas. Este gancho se puede apreciar en la figura 55.



Figura 55: Gancho de elevación

3.4.2.10 Plan Maestro de la nueva distribución

Una vez realizados los análisis correspondientes se pasó a describir el plan maestro de la nueva distribución.

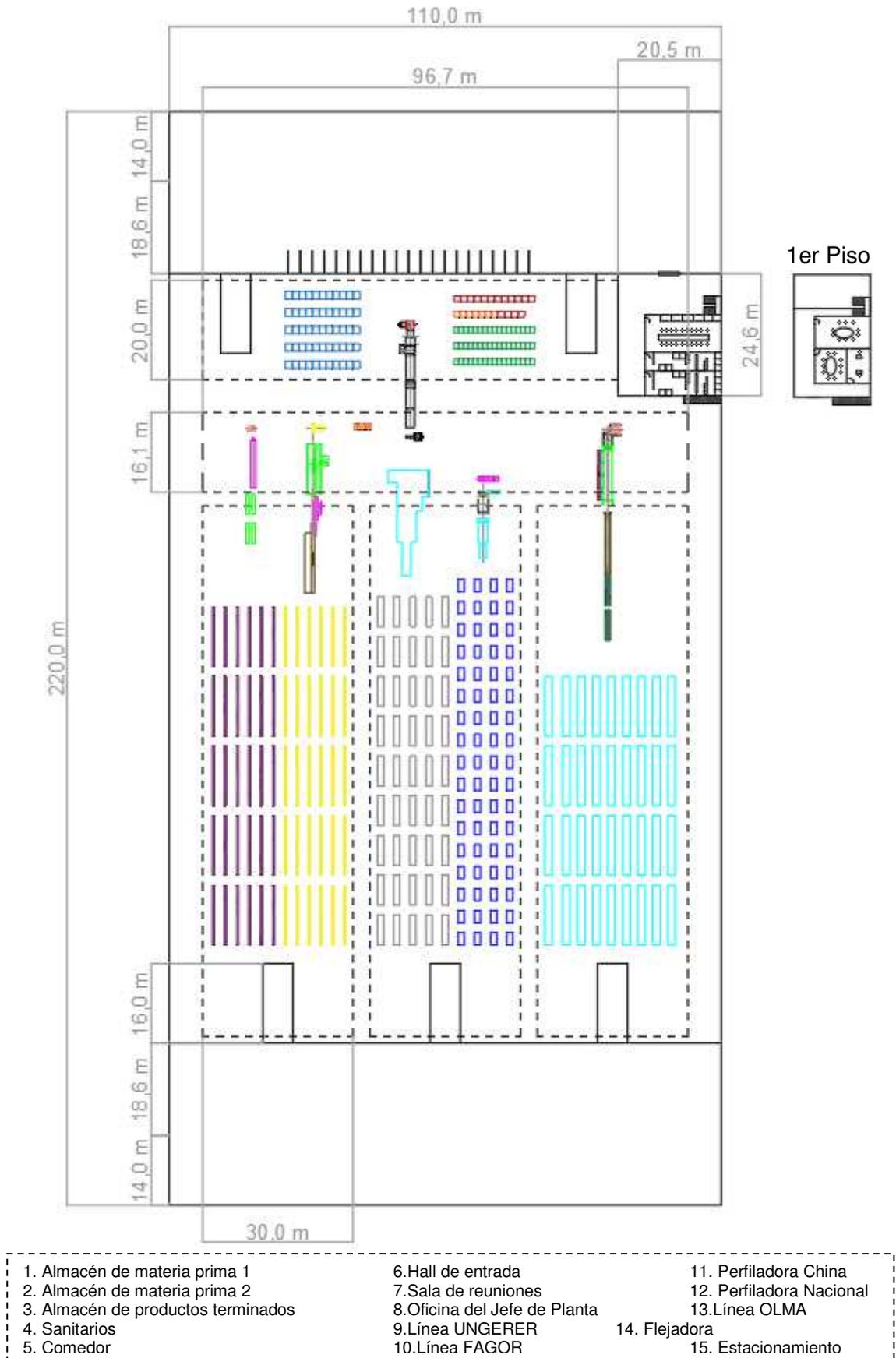


Figura 56: Plan Maestro de la nueva distribución

3.4.3 Análisis de resultados

3.4.3.1 Producción obtenida

A partir de los datos de producción histórica y de la producción de la nueva planta, la tabla 25 presenta la variación en la producción.

Línea	Unidades	Producción histórica diaria	Producción objetivo diaria	Variación
Perfiladora China	m lineal	812	1.597	+83,35%
Perfiladora Nacional (IVANAR)	m lineal	372	684	+71,43%
Chapa acanalada (OLMA)	m lineal	888	2.110	+121,4%
Chapa lisa FAGOR	unidades	154	593	+259,4%
Chapa lisa UNGERER	unidades	39	92	+119%

Tabla 25: Comparación de producción obtenida con producción actual

Los resultados indican un claro aumento en la producción obtenida.

3.4.3.2 Nuevos diagramas de recorrido y cursogramas analíticos

A continuación se presentan los diagramas de recorrido de la nueva distribución en planta Figuras (57 a 61):

Perfiles (Línea China)



Figura 57: Diagrama de recorrido perfiles (línea china) nueva distribución

Láminas (Línea UNGERER)

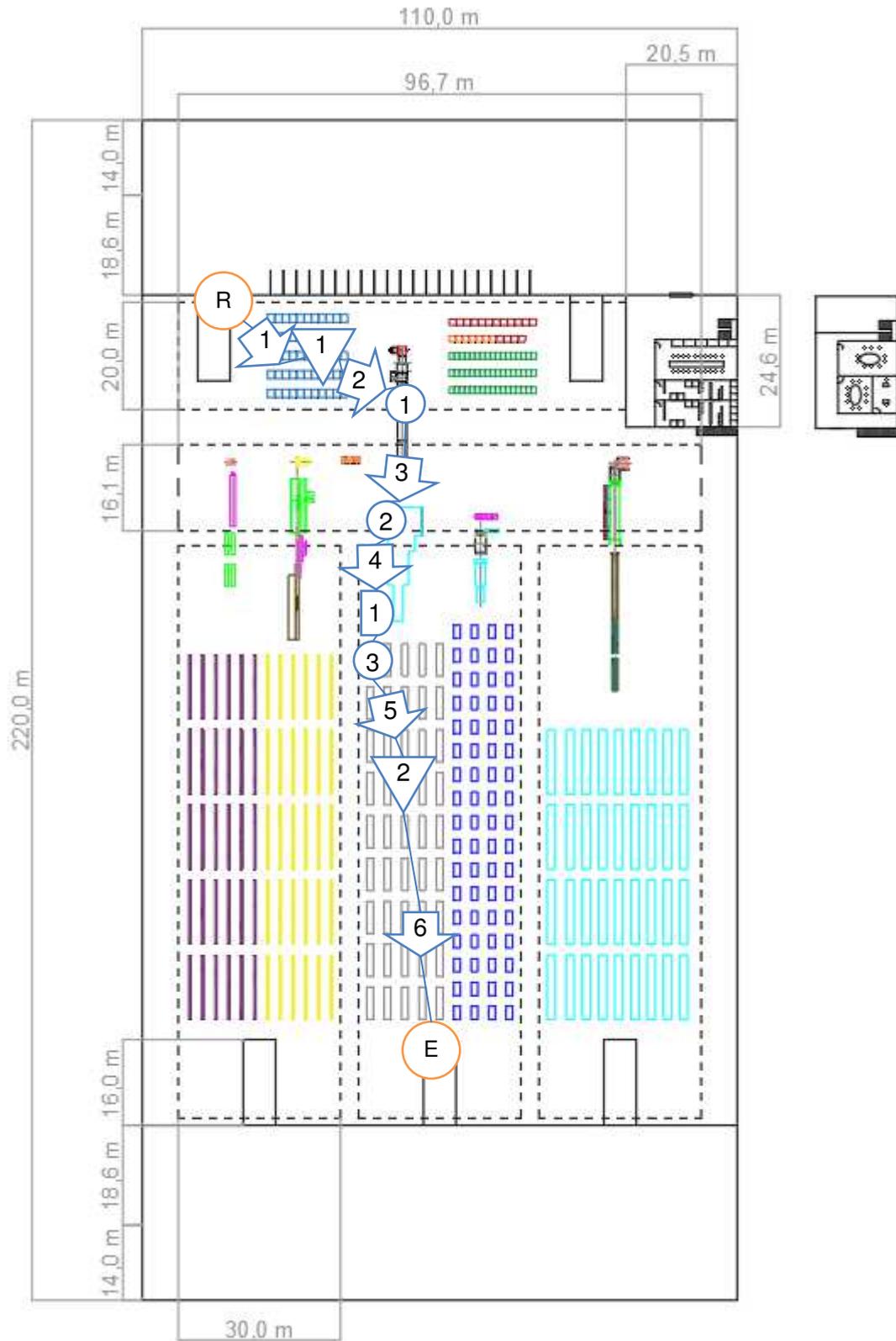


Figura 59: Diagrama de recorrido láminas (línea UNGERER) nueva distribución

Láminas (Línea FAGOR)



Figura 60: Diagrama de recorrido láminas (línea FAGOR) nueva distribución

Chapas Acanaladas (Línea OLMA)

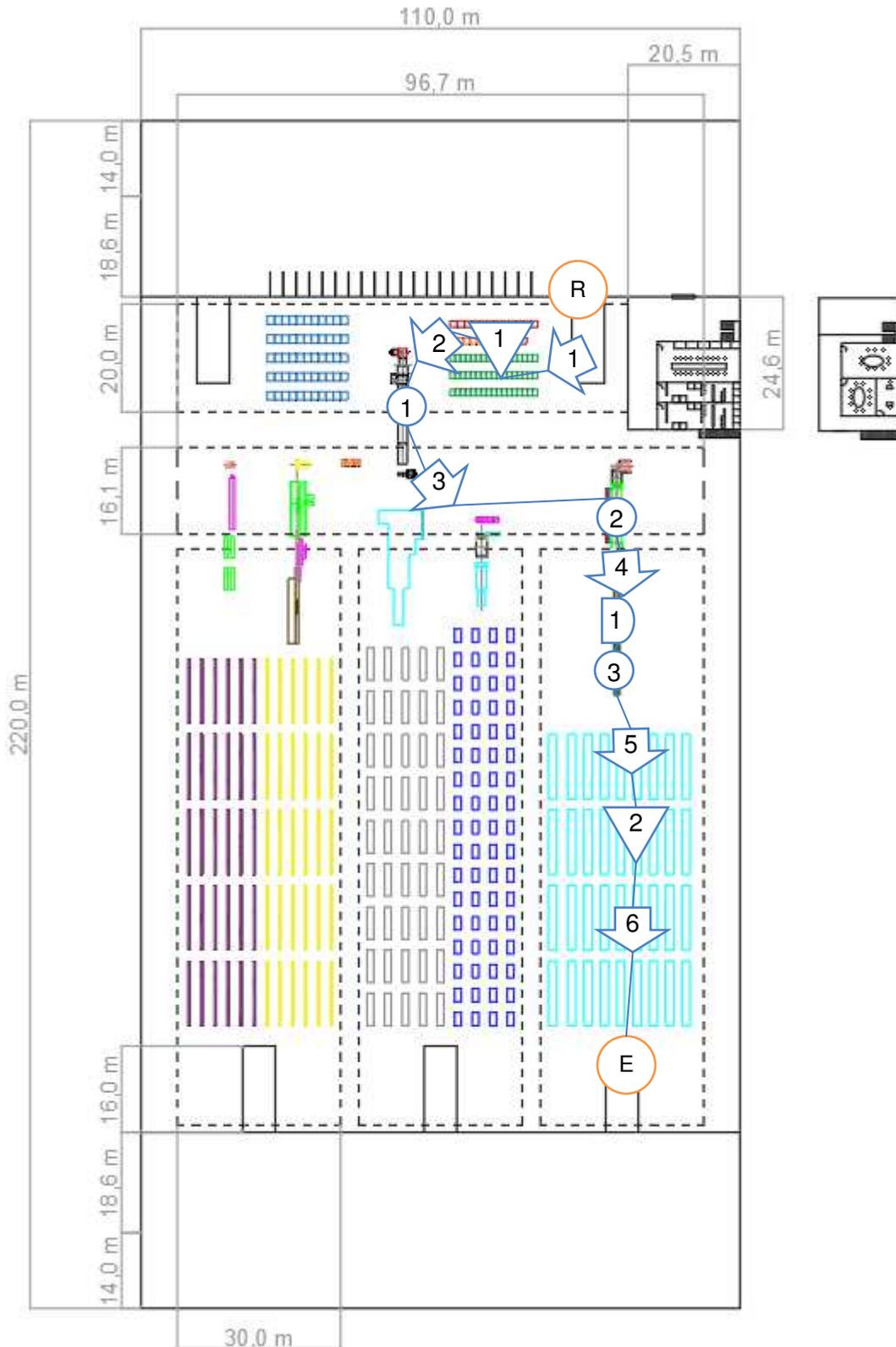


Figura 61: Diagrama de recorrido chapas acanaladas (línea OLMA) nueva distribución

Comparativa de cursogramas analíticos

Línea	Perfiladora China		Perfiladora Nacional (IVANAR)		Chapa lisa FAGOR		Chapa lisa UNGERER		Chapa acanalada (OLMA)	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
○	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
➔	5	7	5	7	5	6	5	6	5	6
D	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
□	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
▽	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2
Flujos cruzados	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Metros recorridos	92,5	205,4	106,8	192,5	62,5	178,1	61,2	170,6	117,4	209,0

Tabla 26: Comparativa Cursogramas analíticos

A partir de los resultados de la tabla 26, tomando en cuenta los metros recorridos y considerando los valores de producción actual y propuesta, es posible calcular los indicadores de productividad, definidos como producción/metros recorridos, que se presentan en la tabla 27:

Línea	Perfiladora China m/m		Perfiladora Nacional (IVANAR) m/m		Chapa lisa FAGOR u/m		Chapa lisa UNGERER u/m		Chapa acanalada (OLMA) m/m	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Producción /mrecorrido	8,22m/m	7,7m/m	3,48	3,55	2,4	3,32	0,5	0,53	7,57	10,9
variación	-6%		+2%		+38%		+6%		+44%	

Tabla 27: Indicadores de productividad

A excepción de los perfiles obtenidos en perfiladora china, los indicadores demuestran un claro aumento de la productividad de la distribución propuesta.

Además, de la tabla 26 se pueden desprender otros resultados:

- **Operaciones:** La nueva distribución presenta una operación más como consecuencia de la adquisición de la flejadora.
- **Demoras:** Se logró reducir sustancialmente el número de demoras desde 3 hacia 1 en todos los productos lo que se traduce en la reducción de tiempos muertos.
- **Almacenamientos:** Se poseen la misma cantidad de almacenamientos que en la distribución actual en los perfiles debido al almacén de materias primas 2 pero se lograron reducir los almacenamientos para el resto de los productos.
- **Flujos cruzados:** Se logró reducir a 0 la cantidad de flujos cruzados.

Finalmente, la existencia del almacén de productos terminados permite disminuir sensiblemente el tiempo de entrega, que era una de las prioridades competitivas de la organización.

4. CONCLUSIONES

- Se realizó un relevamiento de las instalaciones actuales de la empresa, obteniéndose las dimensiones de las instalaciones, tiempos de proceso, y demás datos relevantes a efectos de proponer una nueva distribución que permita la obtención de los objetivos comerciales de la empresa, tales como satisfacer la demanda y disminuir el tiempo de entrega.
- Las herramientas del Estudio de Métodos del trabajo propuestas por la Organización Internacional del Trabajo (1998) permitieron la comprensión del proceso actual de producción como así también la detección de oportunidades de mejora.
- Con nueva planta diseñada, se alcanzan los valores de producción objetivo.
- Se incorporó un nuevo proceso, aumentando con ello la integración vertical de la organización.
- El Sistema Rolblock de almacenamiento de bobinas propuesto permite un almacenamiento que ocupa menos superficie, permite una identificación inmediata de las partes y ayuda a disminuir el deterioramiento del material como consecuencia del almacenamiento.
- El nuevo almacén de productos terminados permite proyectar un tiempo de entrega mínimo.
- La utilización de software de diseño asistido por computadora, por su parte, fue un apoyo fundamental durante todo el proceso de diseño, tanto para la visualización del relevamiento como para la confección de puestos y elaboración de resultados.
- Finalmente, la metodología propuesta por Meyers (2006) para el diseño de instalaciones de manufactura permitió alcanzar los objetivos planteados de manera sistemática e integral

5. BIBLIOGRAFÍA

- “Introducción al estudio del trabajo” 4ta Edición, O.I.T. 1998.
- “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales” 3ra Edición; Fred E. Meyers, Matthew P. Stephens; 2006.
- “Administración de Operaciones, Procesos y Cadenas de valor” 5ta Edición; L.J. Krajewski, L. Ritzman; Editorial Prentice Hall; 2005
- “Administración de Operaciones, Procesos y Cadenas de valor” 8va Edición; L.J. Krajewski, L. Ritzman, M. Malhotra; Editorial Prentice Hall, 2008.
- “Simulación y análisis de sistemas con Promodel®” 1ra. Edición; García Dunna, E. García Reyes, H., Cárdenas Barrón, L.; Editorial Prentice Hall, 2006.
- Valqui Vidal, R. (2010): “La Investigación de Operaciones: un Campo Multidisciplinario”. Encuentro Científico Internacional, ECIPERU. Proyecto Libro Digital PLD 0635, pp. 47-52. Guzlop Editoras. Perú. Versión obtenida el 26/11/15.
http://guzlopeditoras.com/web_des/mat01/investigaopera/pld0635.pdf
- Martínez Rodríguez, E. (2007). “Aplicación del Proceso Jerárquico de Análisis en la Selección de la Localización de una PYME”. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, vol 40, pp. 523-542. Colombia.
- Toskano Hurtado, G. (2005). “El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores”. Tesis de la Facultad de ciencias matemáticas. Universidad Nacional de San Marcos. Lima, Perú. Versión obtenida el 18/11/15.
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf.
- Saaty, T. (2008): “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process”. Int. J. Services Sciences, vol. 1, No. 1, pp. 83-98.

6. ANEXO

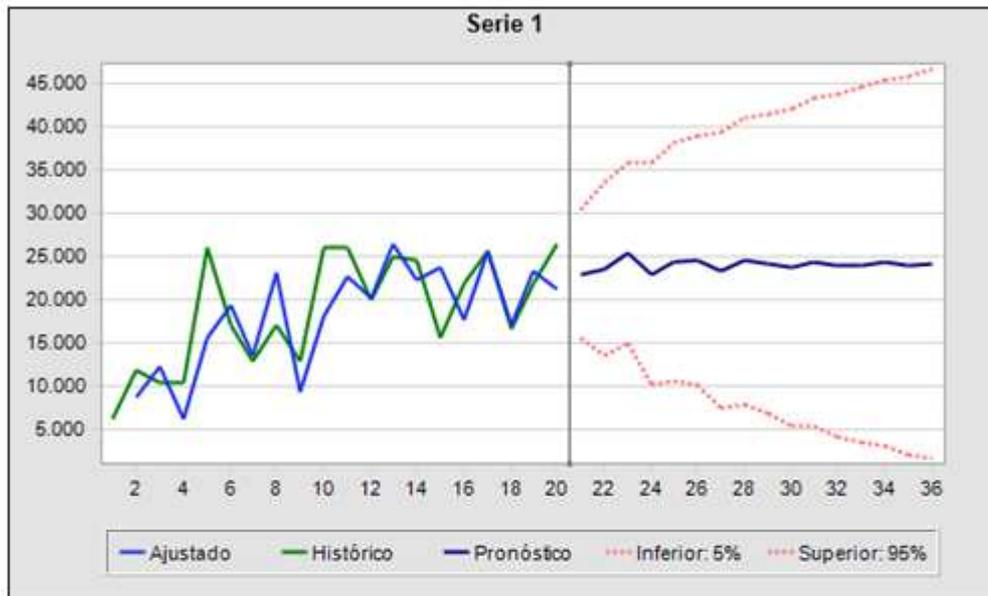
Resumen:

Mejor método

ARIMA(2,1,1)

Medida de error (RECM)

4.541



Resultados del pronóstico:

Período	Inferior: 5%	Pronóstico	Superior: 95%
21	15.486	22.956	30.426
22	13.430	23.493	33.557
23	15.030	25.343	35.657
24	10.112	22.952	35.793
25	10.483	24.246	38.009
26	10.174	24.528	38.882
27	7.366	23.307	39.249
28	7.885	24.435	40.985
29	6.743	24.071	41.398
30	5.286	23.670	42.055
31	5.422	24.363	43.305
32	4.150	23.893	43.636
33	3.396	23.915	44.434
34	3.138	24.223	45.309
35	2.045	23.872	45.699
36	1.574	24.036	46.499

ANEXO 1. Pronóstico para la perfiladora China

Resumen:

Mejor método ARIMA(1,0,0)
Medida de error (RECM) 3.857



Resultados del pronóstico:

Período	Inferior: 5%	Pronóstico	Superior: 95%
21	2.619	8.634	14.649
22	2.543	8.559	14.574
23	2.543	8.558	14.574
24	2.543	8.558	14.574
25	2.543	8.558	14.574
26	2.543	8.558	14.574
27	2.543	8.558	14.574
28	2.543	8.558	14.574
29	2.543	8.558	14.574
30	2.543	8.558	14.574
31	2.543	8.558	14.574
32	2.543	8.558	14.574
33	2.543	8.558	14.574
34	2.543	8.558	14.574
35	2.543	8.558	14.574
36	2.543	8.558	14.574

ANEXO 2. Pronóstico para la perfiladora Nacional IVANAR

Resumen:

Mejor método

ARIMA(1,1,0)

Medida de error (RECM)

10.922



Resultados del pronóstico:

Período	Inferior: 5%	Pronóstico	Superior: 95%
21	17.969	35.934	53.899
22	9.529	28.711	47.894
23	9.624	33.230	56.836
24	5.010	30.403	55.796
25	4.039	32.172	60.305
26	1.075	31.065	61.055
27	-349	31.757	63.864
28	-2.548	31.324	65.196
29	-4.085	31.595	67.275
30	-5.896	31.426	68.748
31	-7.410	31.532	70.474
32	-9.003	31.466	71.935
33	-10.450	31.507	73.464
34	-11.903	31.481	74.865
35	-13.275	31.497	76.269
36	-14.627	31.487	77.602

ANEXO 3. Pronóstico para la línea OLMA

Resumen:

Mejor método

SARIMA(2,1,2)(1,0,1)

Medida de error (RECM)

403



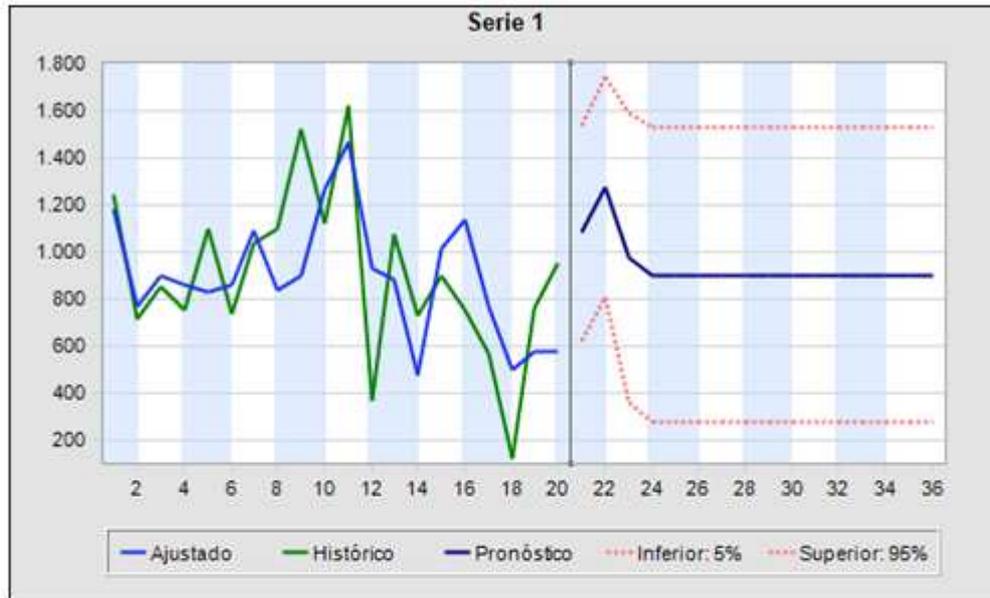
Resultados del pronóstico:

Período	Inferior: 5%	Pronóstico	Superior: 95%
21	4.467	5.130	5.793
22	5.531	6.229	6.927
23	4.791	5.495	6.200
24	7.242	8.113	8.983
25	4.970	6.061	7.153
26	5.794	6.918	8.042
27	7.595	8.723	9.851
28	5.330	7.086	8.842
29	4.842	6.833	8.825
30	4.463	6.501	8.539
31	7.872	10.058	12.244
32	5.441	7.984	10.526
33	4.849	7.578	10.306
34	6.575	9.345	12.116
35	5.844	9.013	12.181
36	5.208	8.717	12.227

ANEXO 4. Pronóstico para la línea FAGOR

Resumen:

Mejor método SARIMA(0,0,1)(0,0,1)
Medida de error (RECM) 279



Resultados del pronóstico:

Período	Inferior: 5%	Pronóstico	Superior: 95%
21	623	1.081	1.540
22	805	1.274	1.743
23	358	976	1.594
24	279	903	1.528
25	279	903	1.528
26	279	903	1.528
27	279	903	1.528
28	279	903	1.528
29	279	903	1.528
30	279	903	1.528
31	279	903	1.528
32	279	903	1.528
33	279	903	1.528
34	279	903	1.528
35	279	903	1.528
36	279	903	1.528

ANEXO 5. Pronóstico para la línea UNGERER

	Flejadora	Tareas no críticas Duración (min)	Tareas Críticas Duración (min)	DÍA 1
				8:00
	Bobina LAF a Flejadora		0:01	8:01
	Preparación máquina para flejado		0:07	8:08
1	Flejado LAF		0:29	8:37
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		8:37
	<i>Bobina LAF a FAGOR</i>	0:01		8:37
	Bobina Galvanizada a Flejadora		0:01	8:38
	Preparación máquina para flejado		0:07	8:45
	Flejado Galvanizada (hago 4 bobinas)		0:25	9:10
	<i>Bobina LAC a Flejadora</i>	0:01		9:10
	<i>Preparación máquina para flejado</i>	0:07		9:10
	Preparación bobinas para ser retiradas		0:05	9:15
	Envío bobina flejada 1 a perfiladora		0:02	9:17
	Envío bobinas flejadas 2 a 4 a AMP transitorio		0:10	9:27
1	Flejado LAC		0:05	9:32
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		9:32
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		9:32
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	9:33
1	Preparación máquina para flejado		0:07	9:40
	Flejado Galvanizada Color		0:09	9:49
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		9:49
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		9:49
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	9:50
	Preparación máquina para flejado		0:07	9:57
2	Flejado LAC		0:05	10:02
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		10:02
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		10:02
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	10:03
	Preparación máquina para flejado		0:07	10:10
2	Flejado Galvanizada Color		0:09	10:19
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		10:19
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		10:19
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	10:20
	Preparación máquina para flejado		0:07	10:27
3	Flejado LAC		0:05	10:32
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		10:32
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		10:32
	Bobina LAF a Flejadora		0:01	10:33
2	Preparación máquina para flejado		0:07	10:40
	Flejado LAF		0:29	11:09
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		11:09
	<i>Bobina LAF a FAGOR</i>	0:01		11:09
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	11:10
	Preparación máquina para flejado		0:07	11:17
3	Flejado Galvanizada Color		0:09	11:26
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		11:26
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		11:26
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	11:27
	Preparación máquina para flejado		0:07	11:34
4	Flejado LAC		0:05	11:39
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		11:39
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		11:39
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	11:40
	Preparación máquina para flejado		0:07	11:47
4	Flejado Galvanizada Color		0:09	11:56
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		11:56
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		11:56
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	11:57
	Preparación máquina para flejado		0:07	12:04
5	Flejado LAC		0:05	12:09
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		12:09
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		12:09

	Bobina Galvanizada a Flejadora		0:01	12:10
	Preparación máquina para flejado		0:07	12:17
	Flejado Galvanizada (hago 4 bobinas)		0:25	12:42
	Preparación bobinas para ser retiradas		0:05	12:47
	Envío bobina flejada 1 a perfiladora IVANAR		0:02	12:49
	Envío bobinas flejadas 2 a 4 a AMP transitorio		0:10	12:59
	Bobina LAC a Flejadora	0:01		12:59
	Preparación máquina para flejado	0:07		12:59
6	Flejado LAC		0:05	13:04
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		13:04
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		13:04
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	13:05
	Preparación máquina para flejado		0:07	13:12
5	Flejado Galvanizada Color		0:09	13:21
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		13:21
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		13:21
	Bobina LAF a Flejadora		0:01	13:22
	Almuerzo operarios flejadora		1:00	14:22
3	Preparación máquina para flejado		0:07	14:29
	Flejado LAF		0:29	14:58
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		14:58
	<i>Bobina LAF a FAGOR</i>	0:01		14:58
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	14:59
	Preparación máquina para flejado		0:07	15:06
6	Flejado Galvanizada Color		0:09	15:15
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		15:15
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		15:15
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	15:16
	Preparación máquina para flejado		0:07	15:23
7	Flejado LAC		0:05	15:28
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		15:28
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		15:28
	Bobina Galvanizada Color a Flejadora		0:01	15:29
	Preparación máquina para flejado		0:07	15:36
7	Flejado Galvanizada Color		0:09	15:45
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		15:45
	<i>Bobina Galvanizada Color a OLMA</i>	0:02		15:45
	Bobina LAC a Flejadora		0:01	15:46
	Preparación máquina para flejado		0:07	15:53
8	Flejado LAC		0:05	15:58
	<i>Preparación bobina para ser retiradas</i>	0:05		15:58
	<i>Bobina LAC a UNGERER</i>	0:01		15:58

ANEXO 6. Balanceo de la flejadora