



Universidad Austral de Chile

Escuela de Ingeniería Civil Industrial
Sede Puerto Montt

PROFESOR PATROCINANTE:
Ing. Alex Exequiel Cisterna Castillo
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y DE AMBIENTE DE
TRABAJO PARA LA NUEVA INSTALACIÓN DE LA EMPRESA MV
CONSTRUCCIONES LTDA DE LA COMUNA DE LLANQUIHUE.**

Trabajo de Titulación
para optar
al título de **Ingeniero Civil Industrial**

DANIEL IGNACIO CÁRDENAS MORAGA

PUERTO MONTT – CHILE
2017

DEDICATORIA

Dedicado a mis a mis padres Marco y Julia,

A mis hermanos Felipe y Francisca,

A mis abuelos Jorge, María Elena, Edia y Francisco (Q.E.P.D)

Y a mí polola Bárbara.

Esto es por ustedes y para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a mis padres Marco y Julia por su constante apoyo en todas las etapas de mi vida. Por enseñarme, educarme y forjarme para ser una persona de bien, correcta y con principios y valores. Por ser mis pilares y mis pies en la tierra... por esto y muchas cosas más, gracias...todo lo que soy, es gracias a ustedes.

A mis abuelos Jorge, María Elena, Edia y Francisco (Q.E.P.D) que han sido como unos padres para mí, por sus consejos, por sus ayudas, por su cariño, por su apoyo y por siempre estar conmigo.

A mi polola Bárbara por su constante apoyo y energía que me entrega todos los días.

A mis tíos y familia en general que siempre ha creído en mí y me ha apoyado desde siempre.

Al profesor Alex Cisterna por ayudarme y guiarme en este proceso.

A la profesora Gabriela Manoli por sus consejos y presiones durante mi carrera universitaria.

A don Mario por dejarme entrar en su empresa y a su equipo de trabajo por su buena disposición y buena onda.

A mis verdaderos amigos que están en las buenas y en las malas.

Y a los amigos que conocí en la u, gracias por todos esos momentos gratos compartidos, de risas, de fútbol, y de largas conversaciones.

SUMARIO

El objetivo principal de este proyecto es generar una propuesta de distribución de planta para la futura infraestructura de la empresa MV Construcciones LTDA de la comuna de Llanquihue, mediante la aplicación de diversas herramientas de ingeniería industrial, tales como métodos de análisis multicriterio para la ayuda en la toma de decisiones, herramientas de distribución de planta y de seguridad industrial, con el fin de optimizar el espacio físico, los procesos productivos, otorgando seguridad y buenas condiciones de trabajo.

La problemática que aborda este trabajo consiste en la falta de espacio con la que cuenta la empresa para realizar los trabajos y servicios que demandan los clientes, el nivel de contaminación emitido por las actividades productivas de la organización y el nivel de seguridad que ofrece ésta a sus trabajadores.

En primera instancia, para que el estudio resulte efectivo y acorde a la realidad de la organización, se realizó un levantamiento de información sobre los departamentos y secciones de la empresa, como también, de las actividades productivas que se llevan a cabo en ésta. Este levantamiento de información dio como resultado el layout actual de la organización y el conocimiento en detalle de los procesos productivos que ahí tienen lugar.

Luego se procedió a generar alternativas de distribución de planta mediante la aplicación de la metodología SLP (Systematic Layout Planning) y la aplicación de algoritmos del tipo constructor (ALDEP y CORELAP), las cuales fueron evaluadas mediante el método de análisis multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) para obtener la mejor opción bajo ciertos criterios planteados.

Finalmente se realizaron diversas propuestas para mejorar la calidad del ambiente de trabajo y de proveer una mayor seguridad a los trabajadores, se reordenaron los componentes de las secciones del área de Operaciones, dando lugar a la confección de la distribución de planta final.

Como resultado de este trabajo se obtuvo una distribución de planta acorde a los requerimientos de la empresa tomando en cuenta aspectos de seguridad y de higiene industrial conforme a la ley chilena con el fin de proveer a los trabajadores de un ambiente de trabajo libre de peligros y contaminación.

La propuesta generada en este proyecto servirá como base para que el gerente tome una decisión sobre las dimensiones de la nueva instalación de la empresa, y comience a gestionar el movimiento de tierra para la nivelación del terreno y la construcción del galpón. Además, ayudará a mitigar los agentes contaminantes derivados de las actividades productivas que se llevan a cabo en la empresa que pueden provocar enfermedades profesionales a los operarios y a aumentar la seguridad en el lugar de trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
SUMARIO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
1 ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivo general	3
1.4 Objetivos específicos.....	3
1.5 Descripción de la empresa.....	3
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Distribución de planta.....	6
2.2 Tipos de distribución de planta.....	12
2.3 Cálculo de la superficie mínima necesaria.....	21
2.4 Metodología “Systematic Layout Planning” (SLP)	23
2.5 Algoritmos heurísticos de tipo constructor	28
2.6 Técnicas multicriterio.....	32
2.7 Condiciones y medio ambiente de trabajo	39
3 DISEÑO METODOLÓGICO.....	65
3.1 Diagrama del diseño metodológico	65
3.2 Desarrollo del diseño metodológico	66
4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	70
4.1 Etapa 1: Levantamiento de información.....	70
4.2 Etapa 2: Opciones de distribución de planta.....	78
4.3 Etapa 3: Determinación de la mejor opción	114
4.4 Etapa 4: Diseño de estaciones y ambiente de trabajo de la organización	128

5 CONCLUSIONES.....145

6 RECOMENDACIONES148

7 BIBLIOGRAFÍA.....149

8 LINKOGRAFÍA152

ANEXOS.....153

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Organigrama de la organización.	4
FIGURA 1.2: Mapa y ubicación donde se planea construir la nueva instalación.	5
FIGURA 2.1: Distribución por producto.	15
FIGURA 2.2: Mejoramiento de líneas de ensamble.	15
FIGURA 2.3: Distribución por proceso.	17
FIGURA 2.4: Distribución con componente principal fijo.	18
FIGURA 2.5: Distribución de planta antigua.	19
FIGURA 2.6: Secuencias de materias primas.	19
FIGURA 2.7: Planta ordenada por células de trabajo.	20
FIGURA 2.8: Metodología SLP.	24
FIGURA 2.9: Ejemplo de la técnica SLP.	26
FIGURA 2.10: Posible estrategia de relleno en ALDEP.	30
FIGURA 2.11: Colocación de actividades en CORELAP.	31
FIGURA 2.12: Jerarquía del problema.	37
FIGURA 2.13: Métodos básicos para prevenir riesgos en el trabajo.	42
FIGURA 2.14: Letrero de seguridad para advertir peligro.	49
FIGURA 2.15: Formas geométricas de las señales.	50
FIGURA 2.16: Ejemplos de señales de obligación.	50
FIGURA 2.17: Ejemplos de señales relativas a equipos de lucha contra incendios.	51
FIGURA 2.18: Tarjeta de seguridad para advertir peligro.	51
FIGURA 2.19: Tarjeta de seguridad para advertir precaución.	52
FIGURA 2.20: Ejemplo de identificación de riesgos.	52
FIGURA 2.21: Disposición y almacenamiento de herramientas.	53
FIGURA 2.22: El ojo humano.	55
FIGURA 2.23: Distribución de la luz proveniente de una fuente luminosa que se rige por la ley cuadrada inversa.	56
FIGURA 2.24: Montaje de artefactos de alumbrado general.	60
FIGURA 2.25: Necesidad de iluminación general.	61
FIGURA 2.26: Espacio máximo recomendado para artefactos de iluminación industrial.	61
FIGURA 4.1: Bosquejo del primer piso de lo que sería la nueva instalación de la empresa de acuerdo a la entrevista del gerente.	72
FIGURA 4.2: Bosquejo del segundo piso de lo que sería la nueva instalación de la empresa de acuerdo a la entrevista del gerente.	73
FIGURA 4.3: Primer piso del layout actual de la empresa.	77
FIGURA 4.4: Segundo piso del layout actual de la empresa.	78

FIGURA 4.5: Análisis de Pareto de los trabajos que generan mayores ingresos a la organización.	79
FIGURA 4.6: Partes de hidrolavadora.	80
FIGURA 4.7: Diagrama de recorrido de marco de hidrolavadora.....	81
FIGURA 4.8: Diagrama de recorrido de la fabricación de la base del carro.....	82
FIGURA 4.9: Diagrama de recorrido de los soportes de las ruedas.....	83
FIGURA 4.10: Diagrama de recorrido de discos de dirección.	84
FIGURA 4.11: Diagrama de recorrido de manubrio de carro para motor.	85
FIGURA 4.12: Diagrama de recorrido de base de motor.....	86
FIGURA 4.13: Partes de disco para hidrolavadora.	87
FIGURA 4.14: Diagrama de recorrido de pieza base de disco.....	88
FIGURA 4.15: Diagrama de recorrido de dispersor de disco para hidrolavadora.	89
FIGURA 4.16: Diagrama de recorrido de plato para disco de hidrolavadora.	90
FIGURA 4.17: Diagrama de recorrido de masas de rotación.	91
FIGURA 4.18: Diagrama de recorrido de disco para hidrolavadora.	92
FIGURA 4.19: Diagrama de recorrido del montaje y desmontaje de disco para hidrolavadora.	94
FIGURA 4.20: Diagrama de recorrido de plato y base de disco para hidrolavadora.....	95
FIGURA 4.21: Diagrama de recorrido del dispersor de agua.	96
FIGURA 4.22: Diagrama de recorrido de mantención masa de rotación.	97
FIGURA 4.23: Nuevo bosquejo de la nueva instalación de la empresa, piso 1.	100
FIGURA 4.24: Nuevo bosquejo de la nueva instalación de la empresa, piso 2.	101
FIGURA 4.25: Diagrama de relación de actividades.	102
FIGURA 4.26: Opción número uno de distribución mediante SLP.	103
FIGURA 4.27: Opción número dos de distribución mediante SLP.	103
FIGURA 4.28: Ventana de inicio software CORELAP 01.	104
FIGURA 4.29: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 escenario 1.	105
FIGURA 4.30: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 con relaciones entre departamentos.	106
FIGURA 4.31: Ventana “Presentación de resultados” del software CORELAP 01 escenario 1.	107
FIGURA 4.32: Ventana “Representación gráfica” del software CORELAP 01 escenario 1.	108
FIGURA 4.33: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 escenario 2.	109
FIGURA 4.34: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 con relaciones entre departamentos escenario 2.	110
FIGURA 4.35: Ventana “Presentación de resultados” del software CORELAP 01 escenario 2.	111
FIGURA 4.36: Ventana “Representación Gráfica” del software CORELAP 01 escenario 2.	112
FIGURA 4.37: Orden de los departamentos por medio de algoritmo ALDEP.	113
FIGURA 4.38: Orden de los departamentos del segundo escenario por medio de algoritmo ALDEP.....	114
FIGURA 4.39: Alternativa SLP 1 mejorada.	115

FIGURA 4.40: Alternativa SLP 2 mejorada.	115
FIGURA 4.41: Alternativa CORELAP 1 mejorada.	116
FIGURA 4.42: Alternativa CORELAP 2 mejorada.	116
FIGURA 4.43: Alternativa ALDEP 1 mejorada.	117
FIGURA 4.44: Alternativa ALDEP 2 mejorada.	117
FIGURA 4.45: Esquema jerárquico del problema.	120
FIGURA 4.46: Ejemplo de un captor de polvo fijo.	131
FIGURA 4.47: Ejemplo de un captor móvil.	131
FIGURA 4.48: Ejemplo de extracción de humos de soldadura	132
FIGURA 4.49: Medición de decibeles de la actividad de rectificación de disco.	133
FIGURA 4.50: Medición de decibeles de la actividad de corte de fierro con tronzadora.	133
FIGURA 4.51: Medición de decibeles de la actividad corte de acero inoxidable con disco de corte.	134
FIGURA 4.52: Medición de decibeles para la actividad de torneado de pieza.....	134
FIGURA 4.53: Medición de decibeles de la acción de pulir fierro.....	135
FIGURA 4.54: Sección de "Corte de fierro".	137
FIGURA 4.55: Sección de "Soldadura de fierro".....	138
FIGURA 4.56: Sección de "Corte de acero inoxidable".	138
FIGURA 4.57: Sección de "Soldadura de acero inoxidable".	139
FIGURA 4.58: Sección de "Tornería".....	140
FIGURA 4.59: Sección de "Mecánica de banco".	141
FIGURA 4.60: Sección de "Pintura".	142
FIGURA 4.61: "Sala de mezclas de químicos".	142

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Ventajas y desventajas de la distribución por producto.	14
TABLA 2.2: Ventajas y desventajas del layout orientado al producto.	14
TABLA 2.3: Ventajas y desventajas de la distribución por proceso.....	16
TABLA 2.4: Ventajas y desventajas de las distribuciones celulares.....	20
TABLA 2.5: Ejemplos de valores de K para algunas actividades.	22
TABLA 2.6: Resúmenes de los métodos	32
TABLA 2.7: Escala de Saaty.	38
TABLA 2.8: Potencial mínimo por superficie de cubrimiento	46
TABLA 2.9: Significado y aplicación de los colores de seguridad.	47
TABLA 2.10: Valores mínimos de iluminación para diferentes actividades.....	57
TABLA 2.11: Relación entre iluminación general y focalizada.	58
TABLA 2.12: Iluminancias mínimas para locales comerciales e industriales	58
TABLA 2.13: Niveles de iluminación recomendados por la sociedad de ingenieros en iluminación.....	59
TABLA 2.14: Niveles mínimos de iluminación	60
TABLA 2.15: Tiempos de exposición a diferentes niveles.	62
TABLA 3.1: Etapas y actividades del diseño metodológico.	65
TABLA 4.1: Dimensiones y área de los departamentos de la empresa.	76
TABLA 4.2: Dimensiones y área de los centros de actividad y superficie de cada sección del área de operaciones de la organización.....	76
TABLA 4.3: Tabla de traslado de materiales para la confección de carro para motor de hidrolavadora	87
TABLA 4.4: Detalles de traslado de materiales para la fabricación de disco para hidrolavadora.	93
TABLA 4.5: Detalles de traslado de materiales para la mantención completa de disco para hidrolavadora.	98
TABLA 4.6: Superficie mínima y porcentajes de flexibilidad.....	99
TABLA 4.7: Indicadores de nivel de contaminación de los productos.	118
TABLA 4.8: Indicadores de nivel de aprovechamiento de área.	118
TABLA 4.9: Indicadores de nivel de flujo de los principales trabajos	119
TABLA 4.10: Indicadores de nivel de relación entre actividades.....	119
TABLA 4.11: Indicadores de nivel de seguridad de los trabajadores.	119
TABLA 4.12: Prioridades entre criterios.....	120
TABLA 4.13: Prioridades entre criterios con valores decimales.	121
TABLA 4.14: Cuadrado de matriz de prioridades entre criterios.	122
TABLA 4.15: Índices aleatorios por tamaño de matriz.....	123
TABLA 4.16: Ranking de las alternativas de layout.	128
TABLA 4.17: Número de extintores necesarios.	131

TABLA 4.18: Cuadro comparativo entre la situación actual y la propuesta realizada en entre trabajo de
titulación.143

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Glosario	154
ANEXO B: Entrevista abierta con los operarios.	155
ANEXO C: Superficie total de cada centro de actividad de la empresa	156
ANEXO D: Ajuste del Área teórica de las secciones	158
ANEXO E: Formato de entrevista	160
ANEXO F: Entrevista a Patricio de Ferrari (Tornero mecánico)	161
ANEXO G: Entrevista a Hardy Velásquez (Tornero mecánico)	162
ANEXO H: Entrevista a Mario Vargas (Gerente)	163
ANEXO I: Entrevista a Juan Andrés Ríos (Maestro soldador)	164
ANEXO J: Entrevista a Marcelo Vargas (Maestro soldador)	165
ANEXO K: Entrevista a Alexis Carimán (Ayudante)	166
ANEXO L: Diagrama de relaciones hecho por el investigador	167
ANEXO M: Comparación de alternativas con el método AHP	168
ANEXO N: Entrevista abiertas con los operarios.	169
ANEXO O: Resultados Software DiaLux	170
ANEXO P: Layout final planta general.	175
ANEXO Q: Planta alta de la nueva instalación	176

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Introducción

En la actualidad las empresas deben preocuparse de sobrevivir en el medio donde se desenvuelven del modo más eficiente y eficaz, por lo que deben estar en constante proceso de adaptación y desarrollo conforme a los requerimientos que el entorno demanda, ya que este con el transcurso del tiempo se vuelve más exigente debido al surgimiento de nuevos procesos productivos más eficientes, a los constantes avances tecnológicos, a los niveles de calidad exigidos por los clientes, a nuevas políticas estatales, entre otros factores.

Una de las decisiones estratégicas de operaciones más relevante para determinar la eficiencia a largo plazo de una organización es la que concierne a la distribución de planta o layout, esto consigue construir un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos de la empresa de una forma eficaz y haciendo un uso eficiente de los recursos.

Además, una correcta distribución de las zonas de trabajos o departamentos puede ayudar a la empresa a conseguir una ventaja competitiva por sobre sus competidores.

Según variados autores que estudian la distribución de planta plantean que los problemas de distribución se pueden enmarcar en cuatro clases:

- Proyecto de una planta completamente nueva
- Expansión o traslado a una planta ya establecida
- Reordenación de una distribución ya existente
- Ajustes menores en distribuciones actuales

En este caso el objeto de estudio se basará en un proyecto de una planta completamente nueva, ya que la planta actual en donde la empresa desarrolla sus actividades operacionales se hace cada vez más pequeña debido a la gran cantidad de trabajos que le demandan sus clientes.

Al ser una planta nueva, también se abordará el tema de seguridad e higiene del ambiente de trabajo de acuerdo a lo que exige el Decreto N° 594 del Ministerio de Salud, con el cual se espera desarrollar un ambiente grato para que los trabajadores se puedan desenvolver de una manera adecuada libres de accidentes y enfermedad, aumentando así la productividad.

Por lo que en este estudio se plantea generar una propuesta de distribución de planta para las nuevas instalaciones de la empresa MV CONSTRUCCIONES LTDA, y que considere el diseño de un ambiente seguro y libre de riesgos para los operarios.

1.2 Planteamiento del problema

La correcta asignación de los recursos (terrenos y edificios; materiales; instalaciones, máquinas y equipos; energía y recursos humanos) es la base para la supervivencia de cualquier organización, es por eso que las distintas empresas e instituciones se empeñan en poder utilizar de forma eficiente los recursos que ésta posee, mediante diversos estudios de ingeniería o solamente a base de experiencia.

Dentro de este contexto se encuentra la empresa MV CONSTRUCCIONES LTDA que, en el año 2014, presentó un aumento en la demanda de sus trabajos de maestría en un treinta y cinco por ciento en comparación al año anterior, teniendo así que adquirir nueva maquinaria e implementar nuevos procesos para la producción de los productos.

Esta problemática desencadenó las siguientes situaciones dentro de MV Construcciones:

- El arriendo de parte del sitio colindante para la instalación de nueva maquinaria, lo que conlleva a un gasto fijo anual de \$4.800.000.
- Debido a los requerimientos de los clientes, se han ido utilizando nuevos procesos y materias primas, lo que genera nuevas estaciones de trabajo, mayor flujo de materiales y de personas, por ende, una mayor utilización del espacio físico en el área de operaciones.
- Por otra parte, hay actividades productivas que generan una serie de contaminación (polvo, mermas de material, olores, gases, entre otros residuos) que se acrecientan en un espacio reducido como con el que se cuenta actualmente.

Además, en la actualidad, la empresa carece de todo tipo de señaléticas de seguridad, dando lugar a que: los trabajadores efectúen sus labores de acorde a su comodidad, y en ciertas ocasiones, no utilizando los equipos de protección personal necesarios; los trabajadores estén expuestos a diferentes riesgos en sus actividades diarias, como, por ejemplo: peligro eléctrico, peligro de atrapamiento, peligro de explosión, entre otros.

Es por esto, que la gerencia de la empresa, ha decidido diseñar una nueva instalación, de modo que permita hacer un uso eficiente del espacio, y que a su vez esté acorde a los requerimientos de los trabajos y asegurando la salud de las personas que trabajan en ella.

Dado esta problemática, surgen las siguientes preguntas que se resolverán con el desarrollo de este estudio.

- ¿Actualmente la empresa cuenta con una superficie idónea para la realización de las actividades productivas?
- ¿Cuáles son los factores más determinantes para poder elegir una distribución eficiente de acuerdo a la realidad de la empresa?

- ¿Cómo se podría aumentar el nivel de seguridad y mitigar el nivel de contaminación que existe actualmente en la organización?

1.3 Objetivo general

Generar una propuesta de distribución de planta para la futura infraestructura de la empresa, mediante la aplicación de diversas herramientas de ingeniería industrial, tales como métodos de análisis multicriterio para la ayuda en la toma de decisiones, herramientas de distribución de planta y de seguridad industrial, con el fin de optimizar el espacio físico, los procesos productivos, mejorar la seguridad y las condiciones de trabajo.

1.4 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información que permita conocer el estado actual de los procesos productivos y administrativos en la organización bajo estudio, a través de observación directa del ambiente de trabajo y de entrevistas con los trabajadores, con la finalidad de determinar la(s) herramienta(s) que se utilizará(n) para generar opciones de *layout*.
- Generar opciones de distribución de planta para la nueva instalación, por medio de la aplicación de la metodología SLP y algoritmos de creación de layout tales como ALDEP y CORELAP, con el fin de obtener alternativas específicas para la organización.
- Determinar la mejor opción de distribución de la planta mediante un análisis multicriterio de las opciones obtenidas con el fin de mejorar la eficiencia productiva en la empresa.
- Generar una propuesta de diseño de estaciones de trabajos mediante la reorganización de sus componentes y aplicación de conceptos básicos de seguridad, con el fin de proveer de seguridad y condiciones de trabajo adecuadas para los trabajadores.

1.5 Descripción de la empresa

La empresa MV CONSTRUCCIONES LTDA. se fundó en el año 2009 y es una organización que se dedica a la reparación, mantención, diseño y rediseño de equipos, principalmente acuícolas, dentro de los cuales se encuentran equipos de ensilaje, alimentadores, hidrolavadoras eléctricas, bencineras y petroleras, equipos de lavado de mallas *in-situ*, estanques inoxidables, estanques de almacenamiento de petróleo hasta 1000 [L], cintas transportadoras, sinfín de inoxidable, entre otros equipos. Por otra parte, la empresa igual se dedica a la fabricación y montaje de estructuras metálicas de obras chicas, construcción de cerchas, bases metálicas, pilares, etc.

Los procesos productivos llevados a cabo en la empresa tienen la naturaleza de un sistema Job-Shop, o sea, los productos siguen diferentes trayectorias y secuencias a través de los procesos y máquinas, las cuales se encuentran agrupadas por funciones. Esto se demuestra en la alta variedad de productos y servicios que se ejecutan en la empresa, con un bajo volumen de producción, con operadores altamente

calificados para realizar las labores, con un flujo aminorado de los productos y porque la producción es a pedido del cliente.

Para la realización de estos trabajos la empresa cuenta con: dos tornos universales, un torno de metro, un taladro fresador, un taladro, una máquina tronzadora de metal, una máquina de corte por plasma, una máquina cilindradora, una máquina curvadora y cuatro máquinas soldadoras (para fierro y acero inoxidable).

La empresa ha tenido una evolución significativa durante estos últimos años, ya que, debido a los requerimientos de los clientes, ha invertido más de una vez en nueva maquinaria e infraestructura. Una de estas inversiones fue la adquisición de un torno universal y un taladro fresador para lo cual tuvo que arrendar al propietario de al lado parte de su sitio para la instalación de estas máquinas.

En la actualidad la empresa cuenta con nueve trabajadores, de los cuales dos están relacionados al área de la administración (gerente y secretaria) de la organización y los otros siete son operarios calificados que se dividen en: dos soldadores, dos torneros y tres ayudantes, conforme a la figura 1.1.

El lugar que está destinado para la edificación de las nuevas instalaciones de la organización se encuentra a las afueras de la ciudad y se muestra en la figura 1.2.

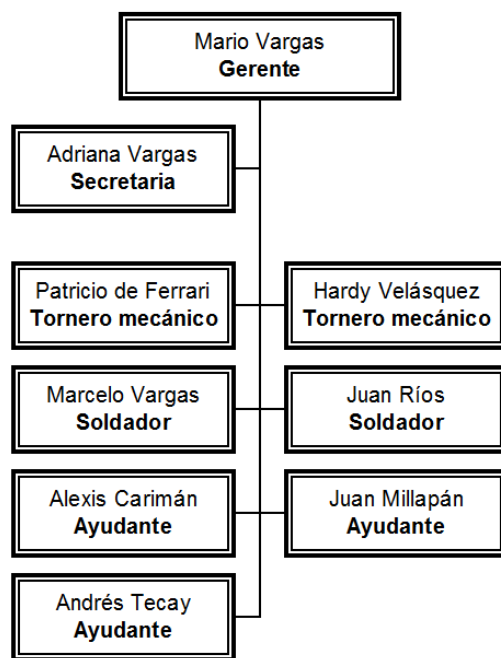


FIGURA 1.1: Organigrama de la organización.

FUENTE: Elaboración propia.



FIGURA 1.2: Mapa y ubicación donde se planea construir la nueva instalación.

FUENTE: Google Earth.

2 MARCO TEÓRICO

En este apartado se mencionan las diferentes visiones de los autores que estudian la distribución de planta, la seguridad industrial y los métodos de análisis multicriterio. Además, se exponen las leyes, decretos y normas chilenas que rigen para la seguridad e higiene industrial en nuestro país.

2.1 Distribución de planta

La autora (NÚÑEZ, 2014) plantea que “la distribución en planta (o *layout*) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.”

(DOMÍNGUEZ, 1995) define a la distribución de planta como “el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”.

El mismo autor plantea cuatro objetivos básicos que debe conseguir una buena distribución de planta, los cuales son:

- Alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que funcione como una comunidad de objetivos.
- Procurar que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc.
- Garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo.
- Adaptar la distribución de planta a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que aconsejable la adopción de distribuciones flexibles.

Las decisiones sobre distribución de planta son una de las decisiones clave para determinar la eficiencia de las operaciones a largo plazo. Según (HEIZER, 2007) el layout de las operaciones tiene muchas implicaciones estratégicas, ya que “establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen”. Además, el autor dice que el objetivo principal de la estrategia de la distribución de planta es “desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa”.

Por otra parte,(CHASE, 2009), plantea que “las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva”. Además, plantea que el objetivo principal “es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios)”.

“El objetivo principal de la distribución eficaz de una planta consiste en desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere ya bajo costo.” (NIEBEL, 2009).

Además, este autor plantea que la distribución física constituye un elemento importante de todo sistema de producción que incluye tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, enrutamiento y despacho. Todos estos elementos deben estar cuidadosamente integrados para cumplir con el objetivo establecido.

“El diseño de las instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre a la productividad y a la rentabilidad de una compañía, más que cualquiera otra decisión corporativa importante. La calidad y el costo del producto y, por tanto, la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación.” (MEYERS, 2006).

Además, el autor plantea que el diseño de instalaciones de manufactura se refiere 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. El diseño de instalaciones incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales.

Los autores anteriormente expuestos llegan a las mismas conclusiones sobre la distribución de planta, la cual se debe realizar de una forma que: disminuya la circulación del material o del producto o de las personas según sea enfoque, utilizar de forma óptima el espacio de las instalaciones y se pueda cambiar ante cualquier eventualidad. Además, mencionan que una correcta distribución de la planta se traduce en un lugar seguro y grato para el trabajador, y, además, una reducción de costos operacionales.

2.1.1. Factores que influyen en la selección de la distribución de planta

Al realizar una buena distribución de planta es necesario conocer todos los factores implicados y además las relaciones entre ellos, la influencia e importancia de éstos pueden variar con cada organización y situación en específico. En cualquier caso, la distribución de planta debe equilibrar las características y consideraciones de cada factor, obteniendo la máxima ventaja de cada uno de ellos. (DOMÍNGUEZ, 1995) y (PLATAS, 2014) agrupan estos factores en ocho grupos:

- Los materiales

“Los elementos fundamentales a considerar que influyen decisivamente en los métodos de producción son, el almacenamiento y manipulación son tamaño, la forma, el volumen, el peso y características físicas y químicas” (DOMÍNGUEZ, 1995).

Para (PLATAS, 2014) este factor es el más importante de una distribución de planta y que incluye aspectos como, por ejemplo: material entrante, en proceso, saliente o embalado; piezas rechazadas, a recuperar o repetir; chatarras, viruta, desperdicios o desechos; entregas lentas entre departamentos; tiempo excesivo de permanencia del material en proceso.

- La maquinaria

“Para una distribución de planta es necesario conocer la maquinaria, las herramientas y equipos indispensables para la producción del producto, como también los requerimientos y su utilización. Habrá que tener en cuenta para la maquinaria su tipología y el número de máquinas correspondiente a cada tipo, el espacio requerido, la forma, la altura y peso, la cantidad y clase de operarios requeridos, el riesgo para el personal, la necesidad de servicios auxiliares, entre otros. Además, se debe considerar el tipo y clase de los equipos y herramientas utilizados en la producción del producto.” (DOMÍNGUEZ, 1995).

(PLATAS, 2014) describe algunos elementos de este factor a considerar, como ejemplo: maquinaria de producción; equipos de proceso y de manejo de materiales; herramientas, moldes, patrones, plantillas; maquinaria averiada, inactiva o anticuada; equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores; maquinaria y equipo para mantenimiento.

- La mano de obra

El autor (PLATAS, 2014) plantea que el factor hombre, como factor de producción, es considerado mucho más flexible que cualquier material o maquinaria; ya que se puede trasladar, capacitar en actividades diversas y adaptar a distintas tareas. Además, es factible dividir o repartir su trabajo.

Además, el autor menciona algunos puntos importantes que se deben evitar con relación a este factor:

- Condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes.
- Áreas que no se ajustan a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios.
- Quejas acerca de condiciones de trabajo incómodas.
- Excesiva rotación de personal.
- Obreros de pie u ociosos durante gran parte de su tiempo.
- Trabajadores calificados que realizan otras operaciones de servicio.

(DOMÍNGUEZ, 1995) dice que la mano de obra también ha de ser ordenada en una distribución de planta, tanto la directa como la de supervisión y auxiliar. Se debe considerar la seguridad de los trabajadores, como además la luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos entre otros factores. Además, hay que estudiar la cualificación y flexibilidad del personal requerido. El autor expone que la mano de obra es fundamental para que la distribución tenga el efecto esperado, ya que estos son los responsables de que las operaciones se lleven a cabo, por lo que la parte psicológica juega un papel relevante en este factor.

- El movimiento de materiales

Para (PLATAS, 2014) el movimiento de material es un factor muy importante en la reducción de costos de producción, pues permite que los trabajadores se especialicen en las operaciones y no en el traslado de materiales, para ello recomienda tener en cuenta la siguiente:

- Reducir el retroceso y cruce en la circulación, además de establecer una dirección única de los materiales.
- Cuidar que los pasillos sean rectos con espacio para el movimiento.
- Reducir el manejo innecesario, a fin de establecer la distancia más corta.
- Analizar la secuencia o ruta de operaciones para mejorar los movimientos del material.
- Vigilar que los operarios calificados no realicen operaciones de manejo.
- Reducir el tiempo invertido en recoger y dejar material o piezas fuera del área asignada.
- Reducir los acarreos, levantamientos a mano y traslados que impliquen esfuerzos.
- Disminuir los traslados de larga distancia y demasiado frecuentes.
- Descongestionar los pasillos, evitar manejos excesivos y transferencias.

Para (DOMÍNGUEZ, 1995), el movimiento de materiales no es una actividad productiva, ya que no brinda valor al producto, por lo que hay que intentar que sean mínimas y que su relación se combine con otras operaciones. Para el proceso de distribución se debe considerar la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de estos o lugares de desembarque, así como también el movimiento de materiales auxiliares, maquinaria, equipos y personal.

- Las esperas

(DOMÍNGUEZ, 1995) plantea que la distribución de planta busca minimizar los costos ligados a las esperas del material que ocurren dentro de un proceso productivo, pero hay veces que una espera puede acrecentar la economía, (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entrega programa, etc.), por lo cual se hace necesario designar espacios para los materiales en espera.

(PLATAS, 2014) dice que los materiales en almacén o en estaciones de producción que están en espera de ser trasladados generan costos que se pueden evitar impidiendo algunas situaciones como las que se mencionan a continuación:

- Grandes cantidades de almacenamiento de toda clase.
- Demasiadas pilas de materiales en espera de proceso.
- Congestión en zonas de almacenes, confusión en áreas de recepción y embarque.
- Operarios en espera de material en los almacenes o en los puestos de trabajo.
- Materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento.
- Errores frecuentes en las cuentas o en los registros de existencias.
- Los servicios auxiliares

Para (DOMÍNGUEZ, 1995), los servicios auxiliares permiten y facilitan las actividades principales dentro de una organización. Entre ellos, están los relacionados al personal (por ejemplo, vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), relativos al material (como por ejemplo inspección y control de calidad), y los relacionados a la maquinaria (ejemplo mantención y distribución de líneas de servicios auxiliares).

(PLATAS, 2014) menciona que se consideran servicios auxiliares de una planta las actividades, los elementos y el personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios mantienen y conservan en actividad a los trabajadores, materiales y maquinaria. A continuación, se presentan algunos aspectos que se deben evitar según el autor:

- Quejas acerca de las instalaciones de servicio inadecuado.
- Puntos de control e inspección en lugares inadecuados.
- Inspectores y elementos ociosos de control de pruebas.
- Entregas retrasadas de material a las áreas de producción.
- Demasiadas personas en el área de rechazo y desperdicios.
- Demoras en las reparaciones.
- El edificio

(PLATAS, 2014) menciona que las empresas pueden operar en edificios que cuenten con la infraestructura y las instalaciones adecuadas, o adaptar un inmueble a las necesidades de los productos y servicios, ya que el edificio es el caparazón que resguarda a empleados, operarios, materiales, maquinaria, equipo y actividades auxiliares, por lo que constituye una parte importante de la distribución de planta. Por lo que respecta a este factor el autor recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Delimitar las áreas de productos, proceso, equipos o similares, con pared y divisiones.
- Evitar la sobrecarga de los montacargas o la excesiva espera de los mismos.
- Contar con pasillos principales, pasos y calles, rectos y amplios
- Evitar edificios distribuidos sin ningún orden
- Evitar edificios repletos, interferencia de tránsito entre trabajadores, almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo sobrecargadas.

(DOMÍNGUEZ, 1995) dice que la influencia del edificio será determinante si éste ya existe al momento de proyectar la distribución, su disposición espacial y demás características (número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia del suelo, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagüe, tomas de corriente, entre otros) limitan el proceso de distribución, no así cuando el edificio es nuevo.

- Los cambios

(DOMÍNGUEZ,1995) plantea que la distribución debe ser flexible, por lo que se debe tener en cuenta posibles variaciones futuras, identificando posibles cambios y su magnitud, por lo cual se debe buscar una distribución capaz de adaptarse dentro de límites razonables y realistas. Para alcanzar la flexibilidad se debe mantener la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación ante cualquier emergencia y variaciones inesperadas de las actividades productivas normales sin tener que realizar un reordenamiento de los departamentos o zonas de trabajo.

“El cambio es un aspecto básico en todo concepto de mejora; su frecuencia y rapidez es cada vez mayor. Los cambios y modificaciones son elementos importantes de la producción, así como los operarios, los materiales y la maquinaria. El reajuste en los procesos y en la distribución son factores que ayudan a mejorar la producción.” (PLATAS, 2014). Este mismo autor menciona algunos cambios a considerar:

- Cambios anticipados o menores en el diseño del producto, materiales, producción y variedad de productos.
- Cambios anticipados o corrientes en los métodos, maquinaria o equipo.
- Equipo normalizado, como estantería, motores conexiones, equipos de manejo, maquinaria.
- Edificios flexibles, espacios amplios, con pocas separaciones y mínimas obstrucciones, para que la maquinaria pueda ser redistribuida con conexiones accesibles.
- Cambios anticipados en los elementos de manejo y almacenaje, así como servicios de apoyo a la producción.

(DOMÍNGUEZ, 1995) aconseja que durante el proceso de distribución no debe pasar por alto ni uno de los factores mencionados, por el contrario, se debe dar una importancia a cada uno y buscando que la distribución final saque ventajas de cada uno de los factores mencionados. Por otra parte, (PLATAS, 2014) menciona que estos ocho factores influyen de manera importante a la empresa, pero que, estos pueden variar respecto a la naturaleza de la organización.

Los autores anteriormente expuestos llegan a las mismas conclusiones respecto a los factores a tener en consideración durante el proceso de distribución de planta, aportando con consejos y consideraciones a tener en cuenta por el diseñador cuando se enfrente a la confección del diseño de la planta.

Por otro lado, la autora (NÚÑEZ, 2014) plantea que para alcanzar los objetivos de la distribución de planta hay que considerar los siguientes aspectos (los cuales incluyen los factores mencionados por los autores Domínguez y Platas):

- a) La manera en que los materiales circulan por la instalación
- b) La cantidad de equipos que se utilizarán, así como sus dimensiones, utillajes y espacios auxiliares necesarios a su alrededor.
- c) La mano de obra, no sólo en cuestiones relativas a la calidad de vida en el trabajo o condiciones ambientales (seguridad, iluminación, ventilación, etc.), sino también en aspectos vinculados a las relaciones personales.
- d) Las necesidades de espacio para servicios auxiliares (sistemas de seguridad, mecanismos de prevención de incendios, sistemas de refrigeración, etc.).
- e) Las limitaciones que impone el edificio en cuanto a estructura de la planta, localización de columnas, escaleras, ventanas, desniveles del suelo, etc., y los costes de construcción o modificación de las instalaciones.

2.2 Tipos de distribución de planta

Como se mencionó anteriormente las decisiones de layout buscan la mejor ubicación de la maquinaria, de despachos y mesas de trabajo y demás mobiliario, o de centros de servicio dentro de la organización, con el fin de un flujo de materiales, personas e información eficaz.

(HEIZER, 2007) expone que un diseño de distribución de planta debe tener en cuenta cómo conseguir lo siguiente:

- Mayor utilización del espacio, equipo y personas.
- Mejora del flujo de información, materiales y personas.
- Mejora de la moral y la seguridad de las condiciones de trabajo de los empleados.
- Mejora de la interacción con el cliente.
- Flexibilidad (sea como sea actualmente el layout, tendrá que cambiar en algún momento).

Este autor plantea que al desarrollar un layout eficaz, éste puede ayudar a una organización a obtener estrategias en diferenciación, bajos costos o rapidez de respuesta, logrando así una ventaja competitiva por sobre otras empresas del mismo rubro, o sea sus competidores.

Para poder alcanzar estos objetivos existen varios tipos de distribución dependiendo del sistema de producción de bienes o servicios que adopta cada organización. Los diversos autores anteriormente mencionados, (DOMÍNGUEZ, 1995), (HEIZER, 2007), (CHASE, 2009), (NÚÑEZ,2014), (PLATAS,2014)plantean siete tipos de distribución de planta, cuatro de ellos orientado a la producción de un bien y los otros tres orientado al área de servicios, los cuales se indican a continuación:

- Organizaciones de manufactura:
 - Distribución de planta por producto
 - Distribución de planta por proceso
 - Distribución de planta por posición fija
 - Distribución híbrida
- Organizaciones de servicios:
 - Distribución de oficinas
 - Distribución de comercio
 - Distribución de almacenes

Por la naturaleza del estudio, se van a profundizar sólo los tipos de distribución orientados a la producción de algún producto o bien.

2.2.1 Distribución de planta por producto

Según (DOMÍNGUEZ, 1995) este tipo de *layout* es adoptado cuando la producción está organizada de forma continua (ejemplo: refinerías, hidroeléctricas, celulosas, etc.), o de forma repetitiva (electrodomésticos, vehículos, etc.). Para el primer caso la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución y las especificaciones de los equipos. En el segundo caso, el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por equilibrado de la línea, con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado.

(DOMÍNGUEZ, 1995) plantea una serie de ventajas y desventajas (tabla 2.1.) sobre este tipo de distribución.

(HEIZER, 2007) señala que “los *layouts* orientados al producto se organizan alrededor de productos o familias de productos similares con altos volúmenes y baja variedad”. El autor menciona dos tipos de esta distribución: líneas de fabricación y líneas de montaje. Ambos procesos son repetitivos y en ambos casos la línea debe estar “equilibrada”, esto quiere decir que el tiempo empleado para realizar un trabajo en una máquina o en una estación de trabajo por un operario, debe coincidir o estar “equilibrado” con el tiempo empleado para realizar el trabajo en la siguiente máquina o en la siguiente estación de trabajo el siguiente operario. Las líneas de fabricación tienen que ir al ritmo de las máquinas, y necesitan cambios mecánicos y de ingeniería para facilitar el equilibrado. Las líneas de montaje van al ritmo de las tareas de trabajo asignadas personas o estaciones de trabajo; por lo que pueden equilibrarse moviendo tareas de una persona a otra.

El mismo autor plantea que el objetivo de este tipo de distribución es “minimizar el desequilibrio en la línea de fabricación o montaje”. En la tabla 2.2 se muestran las ventajas y desventajas de la distribución por producto según (HEIZER, 2007).

En la figura 2.1 se aprecia una distribución básica de este tipo de layout y en la figura 2.2 se muestra como mejorar las líneas de ensamble.

TABLA 2.1: Ventajas y desventajas de la distribución por producto.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Manejo de materiales reducido. • Escasa existencia de trabajos en curso. • Mínimos tiempos de fabricación. • Simplificación de los sistemas de planificación y control de la producción. • Simplificación de tareas (el trabajo altamente especializado permite el aprendizaje rápido por parte de los trabajadores pocos cualificados).	• Ausencia de flexibilidad del proceso (un simple cambio en un producto puede requerir cambios importantes en las instalaciones). • Escasa flexibilidad de los tiempos de fabricación de los productos. • Inversión muy elevada (equipos específicos). • El conjunto depende de cada una de sus partes (la falla de una máquina o de un trabajador en alguna de las estaciones de trabajo pueden para la cadena completa). • Trabajos muy monótonos (afectan a la moral y motivación del personal).

FUENTE:(DOMÍNGUEZ, 1995).

TABLA 2.2: Ventajas y desventajas del layout orientado al producto.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Bajo costo variable por unidad, normalmente asociado a productos estandarizados de alto volumen. • Bajo costo de manejo de materiales • Reducidos inventarios de trabajo en curso de fabricación • Formación y supervisión más fáciles. • Producción rápida	• Necesario volumen alto de producción, debido a grandes inversiones que hacen falta para montar el proceso. • La detención del trabajo en cualquier punto de la línea provoca la parada de todo el proceso. • Falta de flexibilidad cuando se manejan diversos productos o diferentes tasas de producción.

FUENTE: Elaboración propia en base de (HEIZER, 2007).

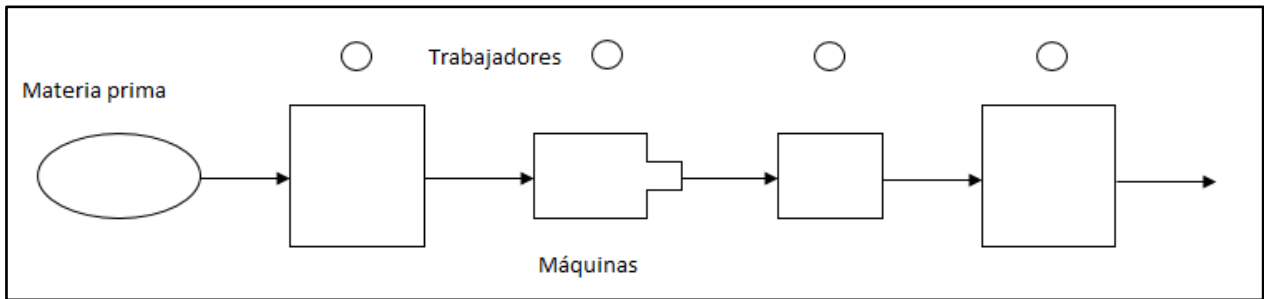


FIGURA 2.1: Distribución por producto.

FUENTE: Elaboración propia en base a (KANAWATY, 1996).

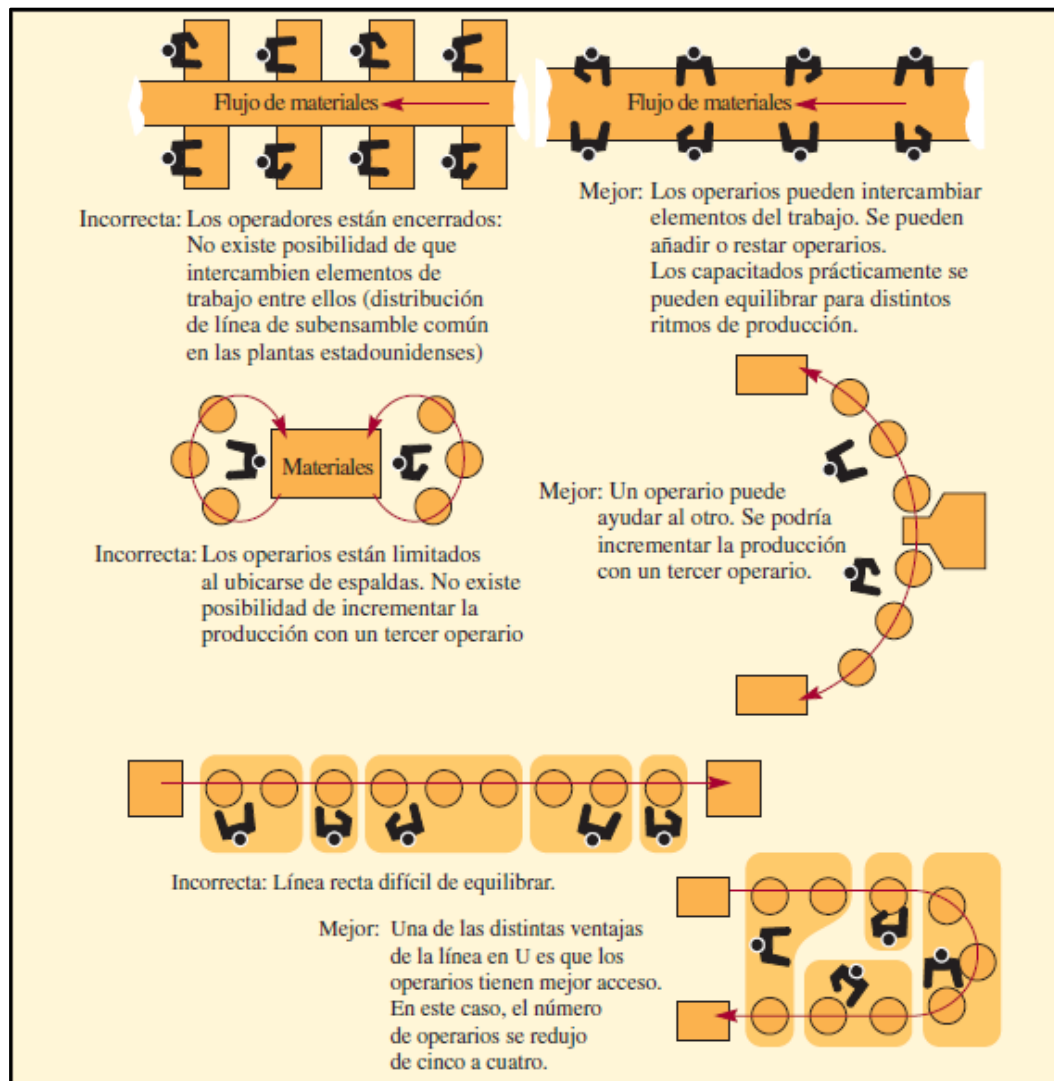


FIGURA 2.2: Mejoramiento de líneas de ensamble.

FUENTE: (CHASE, 2009).

Los autores citados llegan a las mismas conclusiones respecto a la naturaleza de los procesos, al pro y los contras de este tipo de distribución de planta, como también al equilibrado de línea de producción como principal objetivo a cumplir.

2.2.2 Distribución de planta por proceso

Según (DOMÍNGUEZ, 1995) esta distribución se adopta cuando la producción se organiza por lotes o ha pedido de los clientes (por ejemplo: talleres de vehículos, hospitales, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan las mismas funciones se agrupan en una misma área. En esta distribución los productos van pasando de una zona de trabajo a otra, de acuerdo a su secuencia de fabricación. La variedad de productos a realizar se traduce en un amplio abanico de secuencias de operaciones. Además, al ser una producción por pedido, estos pueden cambiar a lo largo del tiempo, incluso en el corto tiempo. Esto hace indispensable la adopción de distribuciones flexibles, haciendo hincapié en la flexibilidad de los equipos utilizados para el traslado y manejo de materiales de un área de trabajo a otra. En la tabla 2.3 el autor describe algunas ventajas y desventajas de este tipo de layout.

TABLA 2.3: Ventajas y desventajas de la distribución por proceso.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal cualificado. • Menores inversiones en equipos. • Mayor fiabilidad (el fallo de una máquina o un hombre no implica la detención del proceso). • La diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de los operarios) • La supervisión por áreas de trabajo adquiere amplios conocimiento y pericia sobre las funciones bajo su dirección	• Baja eficiencia en el manejo de materiales (en ocasiones los desplazamientos son muy largos y se producen retrocesos y cambios de sentido) • Elevados tiempos de ejecución (el trabajo suele quedar en espera entre las distintas tareas del proceso). • Dificultad de planificar y controlar la producción. • Costo por unidad de producto más elevado (mano de obra más cualificada y manejo de materiales poco eficiente). • Baja productividad (dado que cada trabajo es diferente requiere distinta organización y aprendizaje por parte de los operarios).

FUENTE: (DOMÍNGUEZ, 1995).

(HEIZER, 2007), al igual que (DOMÍNGUEZ, 1995), plantea que la distribución de planta por proceso, o layout orientado al proceso, es una distribución que se emplea para una producción de bajo volumen y alta variedad, y donde se agrupa la maquinaria y equipos similares en la misma zona de trabajo, además

en donde un producto o una orden pequeña sigue una secuencia distinta de producción y cada producto o pequeña orden se producen trasladándolo de un departamento a otro.

Además, agrega que este tipo de layout es el idóneo para apoyar una estrategia de diferenciación del producto. También agrega que la gran ventaja de este layout es la flexibilidad de la asignación de equipos y tareas.

Por otra parte, agrega que las órdenes de producción necesitan más tiempo para moverse por el sistema, debido a una difícil programación, a las preparaciones y cambios en los equipos, y al singular movimiento del material. Además, los equipos multifuncionales o de utilización general requieren altas habilidades por parte del operario también elevan el nivel de formación y experiencia necesaria.

En la figura 2.3 se aprecia una distribución base orientada al proceso.

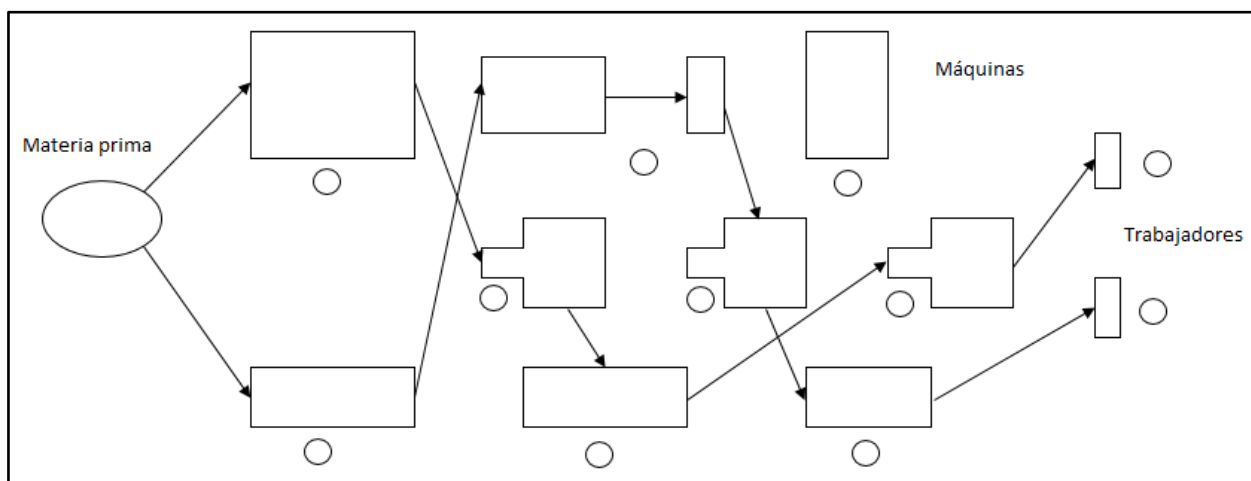


FIGURA 2.3: Distribución por proceso.

FUENTE: Elaboración propia en base a (KANAWATY, 1996).

2.2.3 Distribución de planta por posición fija

Esta distribución es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Ello provoca que el material base o principal componente no se pueda mover del sitio de trabajo, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que son necesarios en la elaboración del producto. Esto hace que el resultado de la distribución se limite, en la mayoría de los casos, a la colocación de los diversos materiales y equipos alrededor del emplazamiento del proyecto (DOMÍNGUEZ, 1995).

(HEIZER, 2007) menciona que las técnicas para tratar este tipo de layout no están bien desarrolladas, a causa de tres razones:

- Hay un espacio limitado en cualquier lugar donde se haga el producto/proyecto.
- En las diversas etapas del proyecto se necesitan materiales diferentes, por lo que los diferentes artículos se hacen críticos conforme el proyecto avanza.
- El volumen de materiales requeridos es dinámico.

En la figura 2.4 se puede ver una distribución de posición fija.

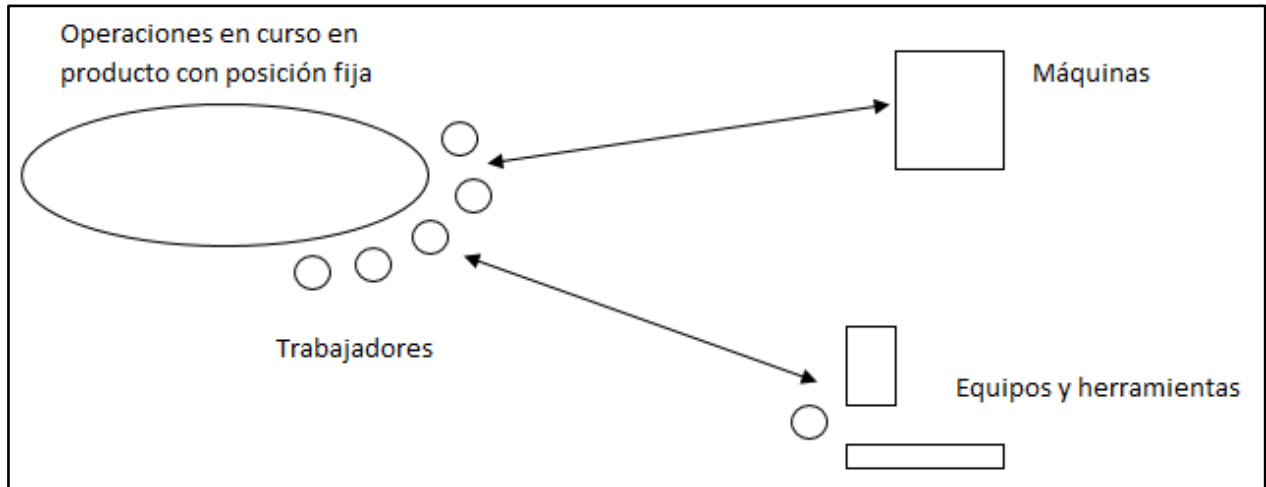


FIGURA 2.4: Distribución con componente principal fijo.

FUENTE: Elaboración propia en base a (KANAWATY, 1996).

2.2.4 Distribución de planta híbrida

La distribución de planta híbrida o distribución celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de la primera y de la flexibilidad de la segunda. Esta consiste en agrupar outputs con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia. A veces estos *outputs* serán productos o servicios finales; otras veces serán componentes que habrá que agregarse al producto final (DOMÍNGUEZ, 1995).

El término célula se define como “una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un producto o varios productos” (DOMÍNGUEZ, 1995).

(HEIZER, 2007) dice que una célula de trabajo “reorganiza a personas y máquinas que normalmente estarían dispersas en diferentes departamentos en un grupo, de forma que puedan centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados”.

En las figuras 2.5, 2.6 y 2.7 se muestran un ejemplo de una reorganización de departamentos orientado a las células de trabajo y en la tabla 2.4 se mencionan algunas ventajas y desventajas de este tipo de layout.

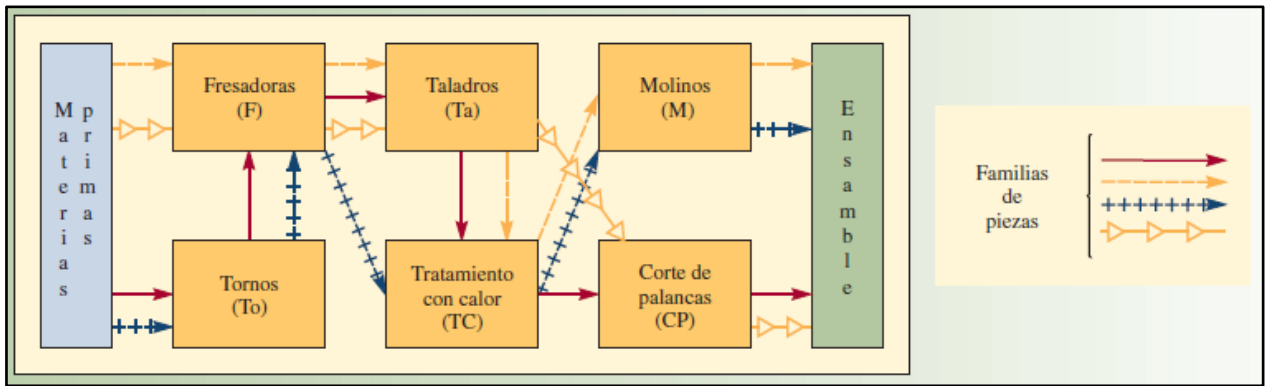


FIGURA 2.5: Distribución de planta antigua.

FUENTE: (CHASE, 2009).

Materias primas	Familia de piezas	Tornos	Fresadoras	Taladros	Tratamiento con calor	Molinos	Corte de palancas	a	Ensamble
		X	X	X	X		X		
			X	X	X	X			
		X	X	X	X		X		
			X	X			X		

FIGURA 2.6: Secuencias de materias primas.

FUENTE: (CHASE, 2009).

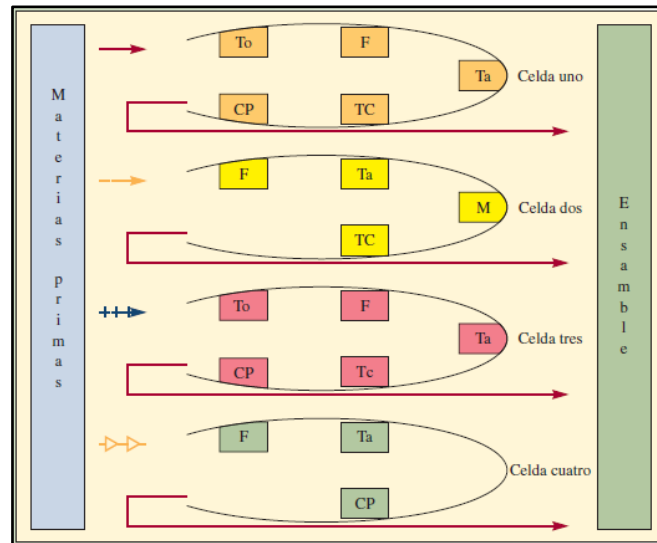


FIGURA 2.7: Planta ordenada por células de trabajo

FUENTE: (CHASE, 2009).

TABLA 2.4: Ventajas y desventajas de las distribuciones celulares.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Mejora de las relaciones humanas (en las células, un equipo de trabajadores completa una unidad de trabajo y asumen de forma conjunta la responsabilidad del resultado de los <i>outputs</i>). • Mejora la pericia de los trabajadores (los trabajadores solo realizan un número limitado de productos en un ciclo finito de producción. La repetitividad permite un mayor aprendizaje más rápido). • Disminución del material en proceso (una misma célula engloba varias etapas del proceso de producción, por lo que el traslado y manejo de material a través de la planta se ve reducido). • Disminución de los tiempos de fabricación. • Disminución de los tiempos de preparación. • Simplificación de la planificación. • Se facilita la supervisión y el control visual.	• Incremento del costo y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una distribución celular. • Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso. • Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo). • Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.

FUENTE: (DOMÍNGUEZ, 1995).

(HEIZER, 2007) agrega una serie de ventajas de este tipo de distribución:

- Reducción del inventario de trabajo en curso.
- Se requiere un menor espacio de planta.
- Reducción de inventarios de materias primas y de productos acabados
- Reducción del costo de mano de obra directa.
- Mayor sentimiento de participación del trabajador.
- Mayor utilización de equipos y maquinaria.
- Reducida inversión en maquinaria y equipos.

Los autores anteriormente citados concuerdan respecto a que la distribución celular posee ciertas ventajas sobre las instalaciones orientadas al proceso y a las líneas de montaje. Estas ventajas se pueden agrupar en las siguientes:

- Como las tareas están agrupadas, la inspección a menudo es de inmediato.
- Se necesitan menos trabajadores para desarrollar los procesos de la empresa.
- El área de trabajo puede equilibrarse más efectivamente.
- La comunicación mejora entre los trabajadores.

2.3 Cálculo de la superficie mínima necesaria

Ante una decisión sobre la mejor distribución en planta para una instalación productiva (ya sea de fabricación o de servicios), es preciso conocer cuáles son los requerimientos de espacio para ubicar todos los elementos de trabajo necesarios para llevar la actividad, (NÚÑEZ, 2014).

Esta misma autora plantea que la superficie total (S_t) de cada área de trabajo es la suma de los siguientes tres componentes:

- Superficie estática (S_s)
- Superficie de gravitación (S_g)
- Superficie de evolución (S_e)

En primer lugar, la superficie estática (S_s) es la que ocupan físicamente los elementos (máquinas, equipos, muebles...) necesarios para desarrollar la actividad productiva. Esta superficie se obtiene mediante la multiplicación del largo y el ancho de estos elementos.

$$S_s = \text{Largo} \times \text{ancho} \quad (1)$$

En segundo lugar, la superficie de gravitación (S_g) es la necesaria, alrededor de las máquinas, equipos o muebles, para ubicar los materiales y permitir que los trabajadores puedan realizar sus tareas. Se calcula a partir del producto de la superficie estática (S_s) del elemento por el número de lados (N) por los que se puede acceder a éste.

$$S_g = S_s \times N \quad (2)$$

En tercer lugar, la superficie de evolución (S_e) es el espacio que debe reservarse entre puestos de trabajo para el desplazamiento de materiales y personas. Se calcula como:

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (3)$$

Siendo K un coeficiente que varía entre 0,05 y 3 según el tipo de industria (ver tabla 2.5).

Finalmente, la superficie total, es la suma de las tres:

$$S_t = S_s + S_g + S_e \quad (4)$$

Cuando ya se tiene una estimación sobre el espacio necesario para cada elemento, se puede diseñar su distribución dentro de la planta, ya sea a partir de criterios cuantitativos o cualitativos.

TABLA 2.5: Ejemplos de valores de K para algunas actividades.

Actividad	Coeficiente K
Gran industria, alimentación	0,05 – 0,15
Trabajo en cadena con transporte mecánico	0,10 – 0,25
Textil-hilado	0,05 – 0,25
Textil-tejido	0,50 – 1
Relojería, joyería	0,75 – 1
Mecánica pequeña	1,50 – 2
Industria mecánica	2 – 3

FUENTE: (NÚÑEZ, 2014).

Por otra parte, (MEYERS, 2006) plantea que “para la mayoría de los departamentos de producción, el procedimiento para la determinación de espacios comienza con el diseño de la estación de manufactura.

El autor dice que se debe medir la longitud y el ancho de cada estación de manufactura con el fin de determinar la superficie. Luego se debe multiplicar el total del área por 150 por ciento lo que permite que haya espacio adicional (que podría ser de 200 por ciento si la administración quisiera dar una distribución espaciosa o con mayor tolerancia para las contingencias) para el pasillo, el trabajo en proceso y una cantidad pequeña de cuartos adicionales para distintas cosas.

Esto no incluye sanitarios, comedores, primeros auxilios, cuartos de herramientas, mantenimiento, oficinas, almacenes, bodega, envíos o recepción. El autor agrega que del 50 al 100 por ciento de espacio adicional que se agrega a los requerimientos para el equipo se usará, sobre todo, para los pasillos.

Los métodos que proponen los autores citados anteriormente difieren totalmente el uno de otro, ya que uno es más específico, en el sentido de que evalúa cada centro de actividad por sí sólo tomando en

consideración los lados por donde se puede hacer ingreso al centro de actividad. Por otra parte, el otro autor propone un método más simple de realizar y más general, ya que en su método no toma en cuenta la naturaleza de los trabajos que se llevan a cabo en la organización, como sí lo hace la autora (NÚÑEZ, 2014), dejando al criterio del diseñador el porcentaje de área adicional a las estaciones de trabajo.

2.4 Metodología “Systematic Layout Planning” (SLP)

(DEL RÍO, 2003) señala que el estudio de metodologías para el diseño de distribuciones en planta industriales, se produjo fundamentalmente en la década de los años 50, y entre sus autores destacan Immer (1950) y Buffa (1955). En el año 1961, (MUTHER, 1961) presenta “Systematic Layout Planning” o método SLP, resumido en la figura 2.8, que incorpora el flujo de materiales, y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza: plantas industriales, hospitales, oficinas, locales comerciales, etc.

(PÉREZ, 2008) comparan varias metodologías en su documento sobre las metodologías para la resolución de problemas de layout y concluyen que:

- El SLP ha sido la metodología más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.
- Las propuestas metodológicas precedentes al SLP son simples e incompletas y las desarrolladas con posterioridad son en muchos casos variantes más o menos detalladas de dicho método y no han logrado el grado de aceptación de la de Muther.
- El SLP reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.
- La amplia aceptación del SLP, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Los estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación de alternativas de distribución y la evaluación y selección de las mismas.

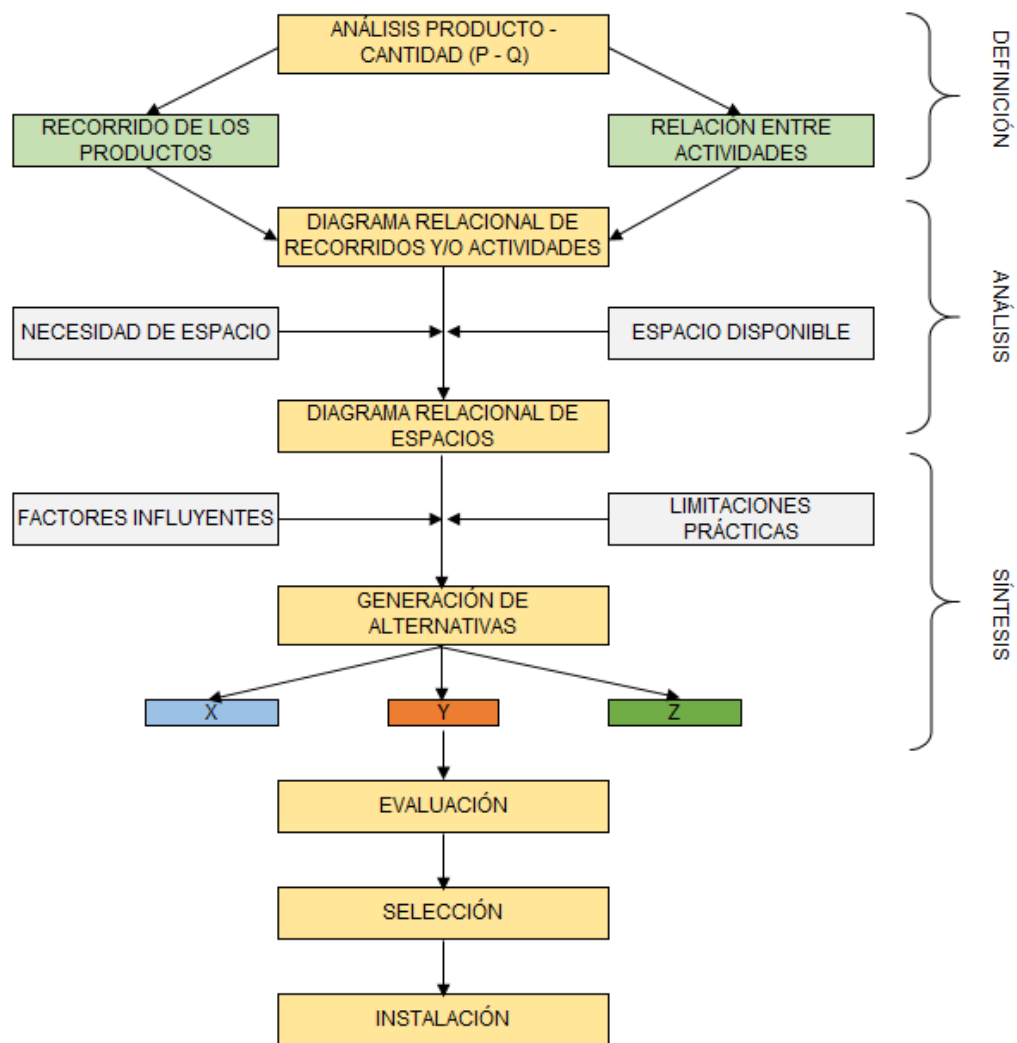


FIGURA 2.8: Metodología SLP.

FUENTE: Elaboración propia en base a (AILING, 2009).

(WIYARATN, 2013) plantea que hay varios métodos para el diseño de distribución de planta que se pueden aplicar al diseño de la planta siendo el SLP la más popular ya que es un método fundamental y bastante simple para utilizar en la práctica que ayuda a mejorar la producción de la organización.

(ZHU, 2009) aplicó la técnica SLP para diseñar la disposición general de un patio de trozas de madera, el resultado mostró un buen flujo de trabajo y un posible reordenamiento rápido de la planta. (WIYARATN, 2010) también aplicó la metodología SLP para el diseño de una planta de manufacturera de hierro para incrementar la productividad, el resultado de esta investigación reflejó la disminución significativa del flujo del material en el proceso de corte de palanquilla hasta en las bodegas y almacenes de la empresa.

El autor (MOHR, 1999) simplificó el SLP propuesto por Muther en 1961 en seis pasos básicos, los cuales se mencionan y detallan a continuación:

1. Graficar las relaciones entre departamentos

Este primer paso o etapa comienza con la identificación de departamentos, actividades o centros de trabajos que han de incluirse en el proyecto. Luego continua con la creación de un diagrama tipo “de-hacia”, como el que se aprecia en la figura 2.9 (A. Gráfica de relaciones), el cual se utiliza para documentar la “cercanía deseada” entre un centro de trabajo en relación a los demás. Como recurso de apoyo se utilizan las vocales (A, E, I, O, U) y la “X” para indicar las relaciones entre cada par de centro de trabajos. Las proximidades deseadas para cada relación entre centros de trabajos se muestran en la figura 2.9 (tabla C). Además, cada relación se justifica con una razón, la cual es representada por un número como por ejemplo las que aparecen en la figura 2.9 (Tabla B).

2. Establecer los requerimientos de espacios

El segundo paso consiste en determinar el área requerida para cada actividad, centro de trabajo o departamento, incluyendo, servicios auxiliares.

3. Graficar las relaciones de actividad

En este paso se construye un diagrama de nodos que muestra una representación gráfica de las actividades y sus relaciones. A cada relación se le asigna un código de líneas, como el que se aprecia en la figura 2.9 (Diagrama de la relación actual), Una vez creado el diagrama de la situación actual, mediante prueba y error, se trata de dejar las actividades de mayor relación (“A”) cercas y las no deseables (“X”) lo más alejado posible, formando así varios escenarios de distribución de planta.

4. Dibujar propuestas de layout en relación al espacio y actividades

El siguiente paso consiste en combinar los diagramas de relaciones con los requisitos de espacio para cada actividad, o sea, adaptar los diagramas a los requerimientos de espacio necesarios. Se debe tener en cuenta mostrar las características físicas más significativas, como columnas, puertas de acceso, paredes, etc. Mientras más opciones se consideren más es la confianza de tener un buen diseño final.

5. Evaluar las alternativas propuestas

El primer paso en la evaluación de alternativas es decidir los criterios a utilizar para evaluar dichas alternativas. Estos criterios pueden incluir aspectos como la facilidad de la supervisión, la flexibilidad en la expansión, el costo, el flujo del material, etc. Luego, estos criterios se priorizan asignándoles un número, siendo el criterio más importante el de mayor numeración. A continuación, evaluar y calificar cada alternativa utilizando la escala de grados de cercanía “A, E, I, O, U). Después de calificar los criterios para cada alternativa, convertir las letras en valores (A=4, E=3, I=2, O=1, U=0) y multiplicar por los valores de los pesos de los criterios. Sumar los valores de cada alternativa y elegir la alternativa que tenga una mayor puntuación.

6. Detallar el layout seleccionado

En esta última etapa se detalla la selección de layout final identificando y dibujando las actividades y principales características, equipo pesado y servicios de atención primaria. Se continúan dibujando en detalle el equipamiento individual, las maquinarias, servicios auxiliares. A medida que se va realizando esta etapa se van haciendo ajustes menores como cambios de puerta, espacio del pasillo espacio adecuado para el mantenimiento, etc.

(CHASE, 2009) menciona que, en ciertos tipos de problemas de distribución, no tiene sentido conocer el flujo numérico de los bienes entre los centros de trabajo y éste tampoco revela factores cualitativos que podrían ser cruciales para la decisión de dónde ubicarlos.

En la figura 2.9 se puede apreciar un ejemplo de esta técnica.

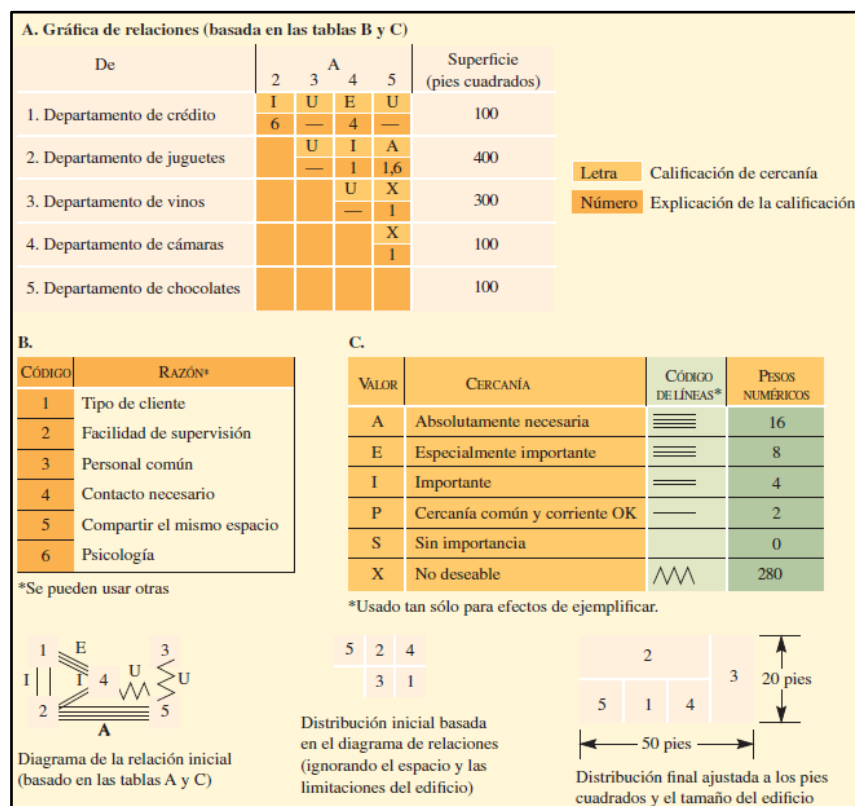


FIGURA 2.9: Ejemplo de la técnica SLP.

FUENTE: (CHASE, 2009).

(BACA, 2014) plantea que “este procedimiento es uno de los más utilizados, el cual representa una muy buena adecuación del proceso de diseño enfocada a la distribución de las instalaciones. El SLP parte de un problema ya planteado de diseño de distribución y forma una estructura de pasos que describe las fases de análisis del problema, búsqueda y desarrollo de diseños alternativos y la evaluación de dichas alternativas”.

La primera fase que menciona el autor es el análisis del problema el cual consiste en recopilar información. Para poder crear un buen proyecto de distribución se necesita obtener información pertinente y relevante al diseño del producto(s), del proceso y del programa de producción, por ejemplo. Luego se debe describir y analizar los flujos de materiales, productos o personas que se moverán a través de las instalaciones. Es necesario conocer y determinar cuál será la magnitud, velocidad y continuidad de dichos flujos, y con ellos determinar los patrones más adecuados que seguirán dentro de la instalación. Para complementar este análisis es necesario identificar los equipos, las áreas o los departamentos por los cuales los flujos de productos o personas tendrán que pasar para ser procesados. Lo anterior lleva al siguiente paso del SLP, llamado análisis de actividades. Con base en el diseño del proceso, se integran factores cualitativos que influyen en la ubicación relativa de cada área o departamento, en términos de conveniencia de su cercanía. Para este análisis se utilizan herramientas como las gráficas y los diagramas de relación de actividades. En éstas se conjuntan y sintetizan las razones cuantitativas y cualitativas que hacen a cada par de áreas candidatas a ser contiguas o lejanas. El siguiente paso es traducir la información del producto, proceso, programa y conjunto de actividades en necesidades de operaciones para cada una de las áreas en términos de equipo, recursos humanos y, finalmente, en requerimientos de espacio. Dichos requerimientos suelen ser condiciones ideales, que deberán ajustarse más tarde por las condiciones imperantes de disponibilidad de espacio.

La siguiente etapa que menciona el autor es la búsqueda de diseños alternativos en SLP, el cual consiste en actualizar los diagramas de relaciones con los datos generados sobre los requerimientos y la disponibilidad de espacio. Es posible comenzar a generar planos alternativos de distribuciones considerando las áreas y las relaciones de adyacencia, cercanía y alejamiento que se desean satisfacer. Estas alternativas serán ajustadas por condiciones específicas, como selección del sistema de manejo de materiales, ubicación de los servicios, características y limitaciones del equipo y cantidad del personal.

La última etapa es la evaluación de alternativas en SLP. El inicio de la evaluación de las alternativas puede ser un proceso paralelo al de generación de las mismas. Se pueden descartar aquellas alternativas cuyo desempeño es menor al de otras con respecto a los objetivos generados en el planteamiento del problema. Esto permitirá mantener un número manejable de alternativas, para detallarlas posteriormente. En la evaluación final no sólo participa el diseñador, sino también la dirección de la empresa y demás áreas afectadas por el proceso de diseño.

(KANAWATY, 1996) plantea que para la selección de (l) el(los) trabajo(s) una de las actividades más fáciles que se pueden emplear para poner al descubierto las actividades esenciales es el "Análisis de Pareto". El nombre de este análisis se deriva de un economista italiano que advirtió que a menudo un pequeño número de partidas de un conjunto de productos representa el máximo valor (20 % de partidas representa un 80%). La misma observación se puede ampliar diciendo que entre todas las actividades que se realizan en una fábrica determinada, un pequeño número representa la mayor parte del costo o del beneficio, o el mayor porcentaje de desechos.

Además, el autor (DEL RÍO, 2003) agrega que la amplia aceptación de este procedimiento, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Según el autor, esto no indica de que el problema de la implantación haya perdido interés en el ámbito de la ingeniería, sino todo lo contrario; alcanzado un acuerdo, prácticamente unánime, sobre la metodología a utilizar, los numerosísimos estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación y síntesis de alternativas, a través de los métodos de generación de layout, y la evaluación y selección de las mismas, por medio del estudio de las técnicas para la optimización de las soluciones.

Los autores mencionados anteriormente ((DEL RÍO, 2003), (PÉREZ, 2008), (WIYARATN, 2013), (ZHU, 2009), (WIYARATN, 2010)), y el autor (SEGURA, 2010) y (GALINDO, 2008), recomiendan el uso de esta metodología para la resolución de problemas de distribución de planta, ya que es simple y eficaz, y afirman que se puede utilizar en cualquier tipo de organización.

Los autores citados difieren en la cantidad de etapas a desarrollar, simplificando y combinando algunos pasos de la versión original. Esto demuestra que es una metodología flexible y que se pueden quitar o agregar etapas para obtener una distribución de planta final lo más eficiente posible.

A modo de mejorar la metodología propuesta los autores recomiendan utilizar diversos algoritmos o software para obtener variadas alternativas de distribución de planta y recomiendan el uso de herramientas y técnicas para escoger la mejor opción adecuada a la organización.

2.5 Algoritmos heurísticos de tipo constructor

(SEGURA, 2010) menciona que “de manera general los métodos constructivos generan los layout escogiendo una tras otra las actividades a distribuir, y colocándolas en determinadas posiciones del dominio de ubicación. Un algoritmo, generalmente heurístico, determina el orden en que se seleccionan las actividades y la posición en que se situarán en el dominio según se valoren las relaciones de proximidad. Operando de esta manera se van añadiendo las actividades al dominio de ubicación y se van construyendo las soluciones sin que sea necesario partir de una distribución inicial. Las diferencias fundamentales entre los algoritmos de este tipo estriban en la forma de seleccionar las actividades y en la manera de elegir las posiciones que ocuparán. Algunos métodos constructivos utilizan una función denominada “miope” que añade cada componente a la solución de tal manera que se obtenga el máximo beneficio en cada paso”.

El mismo autor plantea que “A este tipo de algoritmos pertenecen, por ejemplo: HC66 (Hillier *et al.*, 1966), ALDEP (Seehof *et al.*, 1967), CORELAP (Lee *et al.*, 1967), RMA (Muther *et al.*, 1970), MAT (Edwards *et al.*, 1970), PLANET (Apple *et al.*, 1972), LSP (Zolleret *et al.*, 1972), FATE (Block, 1978), SHAPE (Hassan *et al.*, 1986), NLT (Van Camp *et al.*, 1991) y QLAARP (Banerjee *et al.*, 1992)”, siendo los más significativos ALDEP y CORELAP.

Además, (DOMÍNGUEZ, 1995), (HEIZER, 2007) y (NIEBEL, 2009) también recomiendan estos programas informáticos (ALDEP y CORELAP) para hacer frente a problemas de distribución de planta.

A continuación, se mencionan los programas anteriormente indicados.

2.5.1 ALDEP

"*Automated Layout Design Program*, es un programa que fue desarrollado por Seehof y Evans (1967) y tiene una capacidad para distribuir 63 departamentos. Usa una matriz de código de letras similar a las especificaciones de prioridad de cercanías. Dicha calificación es traducida a términos cuantitativos con el fin de facilitar la evaluación. Los *inputs* del programa son la planta del edificio y la situación de elementos fijos, permitiendo seleccionar emplazamientos para determinados departamentos. El algoritmo que utiliza selecciona un departamento aleatoriamente y lo sitúa en la esquina noroeste de la planta, colocando los demás de forma sucesiva en función de las especificaciones de proximidad dadas" (DOMÍNGUEZ, 1995).

(LEYVA, 2013) al igual que (DOMÍNGUEZ, 1999) dice que ALDEP ha sido desarrollado por Seehof & Evans (1967) y que este método trabaja en la siguiente forma, primero una instalación es seleccionada aleatoriamente y es ubicado en el rincón izquierdo superior del layout. La siguiente instalación escogida para ser localizado es uno que tiene la calificación de cercanía mayor o igual a una relación de cercanía especificado por el usuario, con una selección aleatoria para la primera instalación. Este método puede manejar distribuciones en edificios de varios niveles.

(SEGURA, 2010) plantea que "Habitualmente el primer elemento de la secuencia se escoge aleatoriamente, los restantes se escogen usando como criterio las relaciones entre actividades expresadas en la Tabla Relacional de Actividades (obtenida a partir del SLP). La siguiente actividad a introducir en la secuencia será aquella cuya necesidad de cercanía a la anterior supere cierto mínimo establecido como parámetro del algoritmo. De no existir ninguna que cumpla ese requisito se selecciona una actividad de manera aleatoria. Este proceso continúa, hasta haber introducido todas las actividades en la distribución. En una primera iteración se generan tantos layout como se decida (siendo esta cantidad un parámetro del algoritmo), evaluando cada uno mediante la suma de los valores numéricos de los índices de proximidad de todos los departamentos adyacentes a uno dado. A esta cantidad se le denomina *total closeness rating* (TCR). Así pues, la evaluación se basa en criterios cualitativos, dando valores numéricos a los diferentes índices de proximidad: A=64; E=16; I=4; O=1; U=0; X=-1024.

La mejor puntuación obtenida se emplea en la siguiente generación como la mínima aceptable. El proceso continúa hasta que en una generación todos los layout obtenidos poseen valoraciones inferiores a la mínima aceptable".

Además, este autor plantea que este programa actúa colocando las actividades secuencialmente en el dominio siguiendo un patrón de llenado que puede seguir diversas trayectorias: comenzando por cualquier esquina de la planta, zigzagueando vertical u horizontalmente, etc.

En la figura 2.10, se puede apreciar una posible estrategia de relleno de este programa.

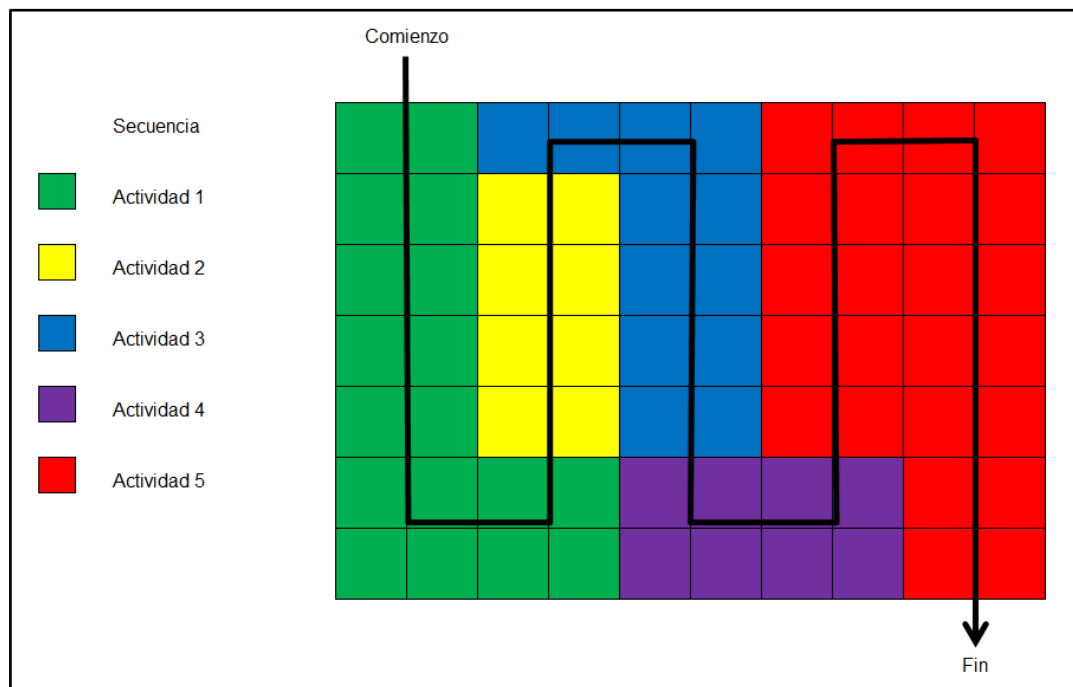


FIGURA 2.10: Posible estrategia de relleno en ALDEP.

FUENTE: Elaboración propia en base a (SEGURA, 2010).

Los autores anteriormente citados concuerdan en la forma en que se lleva a cabo este algoritmo computacional, explicando paso a paso su funcionamiento, tanto así, que se puede desarrollar sin necesidad de la utilización del programa computacional.

Además, cabe destacar que a través de este algoritmo se pueden obtener variadas distribuciones de plantas, ya que los criterios para ordenar los departamentos o actividades, por ejemplo, la trayectoria de llenado o el primer departamento en ser utilizado en la distribución, quedan a consideración del investigador.

2.5.2 CORELAP

(LEYVA, 2013) dice que CORELAP fue desarrollado por Lee & Moore en el año 1967. Este algoritmo usa las relaciones de cercanía de cada instalación para determinar una distribución. Bajo este criterio, la instalación con la calificación de cercanía más alta es seleccionada y asignada al centro del área de la planta, para orientar la distribución de los departamentos restantes. Las instalaciones subsiguientes son adicionadas al layout dependiendo de sus relaciones a las instalaciones ya localizadas.

Según el autor (SEGURA, 2010), CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*) es un procedimiento constructivo que introduce secuencialmente las actividades en la distribución. La primera

actividad seleccionada es aquella con un mayor TCR y es colocada en el centro geométrico de la distribución. El criterio para establecer la ubicación adecuada de cada una de las siguientes actividades se basa en el Índice de colocación (IC). La ubicación con un mayor IC será la seleccionada. Para una actividad i en una distribución en la que n actividades están ya colocadas el IC se define como:

$$IC_i = \sum_{j=1}^n V(r_{ij}) \times L_{ij} \quad (5)$$

Siendo $V(r_{ij})$ el peso asociado a la intensidad relacional entre la actividad a ubicar i , y la j -ésima de las n ya colocadas, y L_{ij} es la longitud de contorno común a las actividades i y j -ésima. Cuando existen varias alternativas con igual puntuación se escoge la más compacta, es decir, la inscrita en un rectángulo con menor área. En la siguiente figura se muestra la colocación de actividades del programa CORELAP.

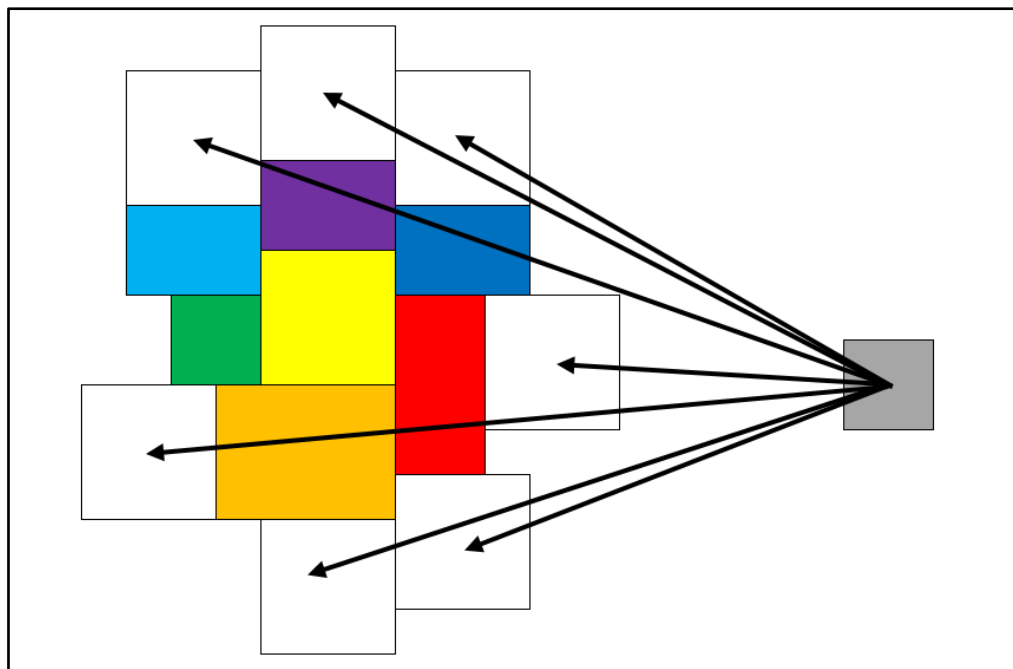


FIGURA 2.11: Colocación de actividades en CORELAP.

FUENTE: (SEGURA, 2010).

“CORELAP es un programa que puede ordenar hasta 45 departamentos. Entre otros, requiere como *inputs* la especificación de los tamaños de los departamentos y algunas dimensiones de la planta. En lo que será el centro de la distribución sitúa el departamento que está más interrelacionado con lo demás y va colocando los demás en función de su necesidad de cercanía con lo ya colocados” (DOMÍNGUEZ, 1995).

2.6 Técnicas multicriterio

Al momento de tomar una decisión suelen haber múltiples posibles criterios a emplear para elegir la mejor opción, algunos cualitativos y otros cuantitativos. Puede ocurrir con frecuencia que el resultado obtenido en la evaluación de las distintas opciones variará con el criterio elegido. La solución a esta problemática la brindan las técnicas de multicriterio, las cuales son capaces de tener simultáneamente en cuenta los distintos criterios y la distinta importancia relativa de cada uno de ellos.

(PACHECO, 2008) plantea que “los métodos de comparación en la jerarquización o priorización o selección alternativas proyectos responden a distintos tipos de evaluación que pueden ser clasificados en dos grupos, dependiendo de la cantidad de objetivos con los que puedan trabajar. Los métodos simples, son aquellos que realizan análisis a partir de un solo objetivo y los métodos complejos que pueden trabajar con varios objetivos simultáneamente. Los que a su vez se agrupan en métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos.”

Las técnicas estudiadas por el autor se mencionan en la tabla 2.6, donde se agrupan por tipo.

TABLA 2.6: Resúmenes de los métodos

	Simple	Complejos
Cuantitativos	Indicadores económicos	Programación lineal
		Dominancia entre proyectos
Cualitativos	Lista de verificación	Delphi
	Aporte a metas	
	Q-sorting	
Mixtos		AHP
		Modelos de puntuación

FUENTE: (PACHECO, 2008).

Por la naturaleza del estudio, se mencionarán y profundizarán sólo los métodos cualitativos y mixtos (apartado 2.6.4, 2.6.5, 2.6.6, 2.6.7, 2.6.8 y 2.6.9).

(DOMÍNGUEZ,1995) menciona 3 técnicas multicriterio (apartado 2.6.1, 2.6.2 y 2.6.3), para las cuales se debe comenzar con nombrar algunos criterios y determinar una ponderación o peso para cada uno de los criterios planteados, luego se deben calificar tanto objetivamente como subjetivamente las alternativas disponibles para cada uno de éstos asignándoles una puntuación a cierta escala. Con estas puntuaciones y las ponderaciones de cada criterio, se construye una matriz en donde se pasa de un criterio cualitativo a uno cuantitativo.

2.6.1 Método de puntuación de factores ponderados

Este método es el más simple, consiste en evaluar cada alternativa sumando las puntuaciones obtenidas con los distintos criterios, ponderándolos previamente con sus respectivos pesos, la alternativa cuya sumatoria sea más alta será la seleccionada. Este método plantea diversos problemas, como el basar el resultado en la multiplicación de datos ordinales (ponderaciones y puntuaciones), empleando de forma errónea la escala de valoración.

2.6.2 Método de preferencia jerárquica

El problema mencionado anteriormente lo evita este método, que consiste en aceptar o rechazar la evaluación de una alternativa respecto a un criterio si supera un nivel mínimo de puntuación y se elegirá la opción que contenga más aceptaciones.

2.6.3 Técnica Electra I

Para la realización de este método se utilizan dos instrumentos:

- Indicadores de concordancia e
- Indicadores de discordancia.

Los indicadores de concordancia, (c_{ij}), expresan la importancia de los criterios para los que la alternativa i es mejor que la alternativa j . los c_{ij} se determinan sumando los pesos de los criterios para los cuales se da la mencionad dominancia y dividiendo el resultado por la suma total de las ponderaciones.

Los indicadores de discordancia, (d_{ij}), tienen por objetivo tener en cuenta aquellos criterios en los cuales i no domina a j , midiendo así el desacuerdo sobre la hipótesis de sobre calificación. Para calcularlos, de los criterios en donde i no domina a j , se escoge la máxima diferencia entre los valores asociados a dichas alternativa, dividiéndose esta por la amplitud de la escala.

El caso ideal de sobre calificación sería un $c_{ij}=1$ y un $d_{ij} = 0$, lo que indica que A_i es mejor que A_j en todos los criterios.

A continuación, partiendo de los valores de un c_{ij} y d_{ij} se construye un gráfico de sobre calificación conjunto, de forma que una alternativa A_i dominará a otra A_j solo sí, $c_{ij} \geq$ límite de concordancia (LC) y $d_{ij} \leq$ límite de discordancia (LD). Lógicamente se comienza con un LC cercano a uno y un LD cercano a cero.

Este método es aún más correcto que los dos anteriores, este considera a los criterios de forma independiente y compara las alternativas de dos en dos. Formando relaciones de preferencia, en la cual la mejor opción varía de acuerdo al criterio.

2.6.4 Lista de verificación

(PACHECO, 2008) plantea que este procedimiento permite juzgar en forma sencilla y rápida si un proyecto cumple o no con los objetivos que se haya fijado el país o la institución. Para su aplicación es necesario definir claramente los objetivos a base de los cuales se juzgará el proyecto. Para cada objetivo se establece una escala en la cual se clasifica el proyecto. En cada escala se fijan niveles mínimos que el proyecto deberá cumplir a fin de ser seleccionado.

La principal ventaja de este procedimiento radica en su sencillez. Sin embargo, no es posible emplearlo para jerarquizar proyectos. En efecto, no es posible saber si el no cumplimiento de un criterio puede ser compensado por un muy buen cumplimiento de otros criterios. En consecuencia, el método solo sirve para descartar rápidamente proyectos que no cumplen ciertas condiciones mínimas.

2.6.5 Aporte a metas

“Estos modelos pretenden medir el aporte que realiza un proyecto al logro de determinadas metas. A diferencia del método basado en una puntuación de acuerdo a la concordancia del proyecto con el objetivo, en este caso se pretende obtener una estimación del avance porcentual hacia el logro de determinada meta debido a la realización del proyecto.

Por ejemplo, si la meta es dotar de viviendas dignas a 1000 familias de escasos recursos y el proyecto contempla la construcción de 100 casas, el porcentaje de aporte a la consecución de la meta será de un 10%.

Tras estimar el aporte porcentual del proyecto a cada una de las metas propuestas, se sumarán dichos valores, eventualmente ponderando según la importancia de la meta. Se obtendrá así un indicador del aporte general del proyecto a la obtención de las metas nacionales.

Aun cuando este método aparece como muy lógico, su aplicación práctica resulta casi imposible. En efecto, rara vez será posible encontrar metas claramente definidas en función de las cuales se pueda medir el aporte de los proyectos. Además, aun cuando dichas metas se conocieran, sería bastante difícil estimar el aporte efectivo de cada proyecto a las distintas metas”. (PACHECO, 2008).

2.6.6 Q-sorting (interacción nominal)

Este procedimiento para la jerarquización de proyectos se basa en el trabajo sistematizado de un grupo de evaluadores, como producto del cual se obtiene una clasificación de los proyectos según su aporte a los objetivos de la organización. El procedimiento combina etapas de trabajo individual con etapas de trabajo en grupo.

El procedimiento se inicia pidiéndole a cada evaluador que clasifique los proyectos de acuerdo a su prioridad. Para ello puede aplicarse un procedimiento de "Q-sorting". Este procedimiento consiste en una secuencia de pasos destinados a facilitar la clasificación de los proyectos en distintas categorías según la prioridad atribuida a él por el evaluador.

Cada evaluador recibe un conjunto de cartillas en que cada una representa un proyecto. Su tarea consiste en clasificarlas en dos grupos, uno representando proyectos de alta prioridad y otro representando proyectos de baja prioridad. En el siguiente paso se le solicita separar del grupo de proyectos de baja prioridad aquéllos de prioridad intermedia y los de muy baja prioridad. Asimismo, debe separar de los proyectos de alta prioridad los de prioridad intermedia y los de muy alta prioridad. Se obtiene así una clasificación de los proyectos en cinco categorías según el nivel de prioridad atribuido a ellos por el evaluador.

Luego sigue una etapa de interacción nominal en que los resultados obtenidos por cada uno de los evaluadores son presentados en una sesión de grupo, sin identificar quien ha entregado cada clasificación. El modo de presentación consiste en indicar cuantos "votos" obtuvo cada proyecto en cada categoría. Estos resultados son discutidos por el grupo con el objeto de aumentar la coherencia de los juicios en el caso de aquellos proyectos en que se observe una alta dispersión entre las distintas categorías.

Enseguida se realiza, en forma individual, una segunda ronda de "Q-sorting". Sus resultados vuelven a ser presentados al grupo y son discutidos. El procedimiento se repite hasta alcanzar un adecuado nivel de coherencia acerca de la prioridad asignada a cada uno de los proyectos.

2.6.7 Método Delphi

Método Delphi, es un método para estructurar un proceso de comunicación grupal de tal manera que pueda ser resuelto, por el grupo, un problema complejo. Usualmente es aplicado para la predicción de eventos bajo condiciones de incertidumbre.

El método consiste en la realización de una serie de encuestas anónimas a un grupo seleccionado de expertos con el fin de recoger posibles convergencias de opiniones y consensos. La esencia de este método es reducir los espacios intercuartiles para precisar la mediana, esto significa que las sucesivas encuestas y el anonimato permiten recoger todas las opiniones en procesos sucesivos hasta obtener un resultado fruto del consenso del grupo.

En un primer momento el método realiza encuestas para calcular cuáles son las diferencias entre las opiniones, luego se realiza un debate multidisciplinario para acercarse al consenso y así sucesivamente hasta obtener un resultado.

Las fases necesarias para enfrentar un problema son la definición del mismo, la selección de los expertos, la elaboración y lanzamiento de los cuestionarios y finalmente, el desarrollo práctico y explotación de los resultados.

Una de las ventajas de este método es la casi certeza de obtener un consenso, sin embargo, esto no asegura la coherencia del resultado. Por otro lado, se enfrenta a la desventaja de ser costoso y largo, además ser más bien intuitivo que racional.

2.6.8 Modelos de puntuación

Este tipo de modelos es básicamente una extensión del modelo de aporte a metas. Se agrega al procedimiento señalado la determinación de ponderaciones para cada objetivo. Empleando dichas ponderaciones y la puntuación obtenida por el proyecto frente a cada objetivo, se determina un puntaje único para el proyecto. Para ello pueden emplearse modelos aditivos, multiplicativos u otras funciones matemáticas. Un ejemplo de modelo aditivo es:

$$P_j = (W_i \times S_{ij}) \quad (5)$$

Dónde:

P_j = puntaje del proyecto j

w_i = ponderación del objetivo i

s_{ij} = puntuación del proyecto j frente al objetivo i

Estos modelos presentan la ventaja de permitir la jerarquización de proyectos según su aporte a objetivos preestablecidos. Sin embargo, salvo que los ponderadores y las escalas de puntuación que se diseñen y apliquen de modo de cumplir con las propiedades de una escala proporcional ("*ratio scale*"), no es posible afirmar si un proyecto es mejor o peor que otro en un determinado porcentaje. Este método es eminentemente práctico y sencillo de usar, pero es necesario tener presente la limitación antes indicada.

2.6.9 AHP (Analytic Hierarchy Process)

El proceso analítico jerárquico (AHP), es una metodología de análisis multicriterio desarrollada a fines de la década del 70 por el doctor en matemáticas Thomas L. Saaty.

Es un método de descomposición de estructuras complejas en sus componentes, ordenando estos componentes o variables en una estructura jerárquica, donde se obtienen valores numéricos para los juicios de preferencia y, finalmente los sintetiza para determinar qué variable tiene la más alta prioridad.

Esta fundado sobre una base teórica simple pero sólida. Esta metodología propone una manera de ordenar el pensamiento analítico, de la cual destacan tres principios:

- Construcción de las jerarquías

Las jerarquías que trata el método de AHP son aquellas que conducen un sistema hacia un objetivo deseado como la solución de conflictos, un desempeño eficiente o la felicidad total. El esquema jerárquico (ver figura 2.12) está compuesto por:

- Objetivo o foco
- Criterios
- Subcriterios
- Alternativas.

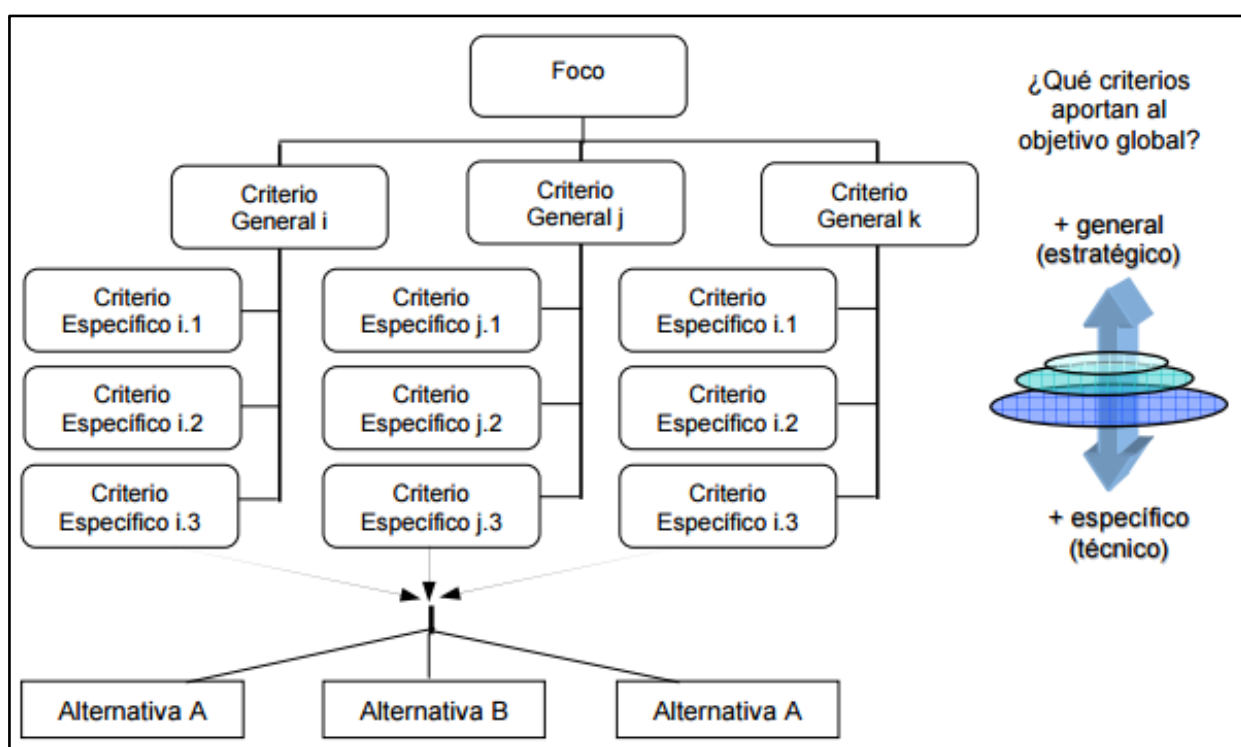


FIGURA 2.12: Jerarquía del problema.

FUENTE: (PACHECO, 2008).

Primero se establece un foco, que es el objetivo general y principal. Una vez que ya tenemos claro el foco, se pueden definir los criterios, que son los elementos que permiten conocer los ámbitos involucrados en la consecución del objetivo. Las distintas alternativas son evaluadas según los criterios establecidos que son relevantes para el objetivo principal.

- Establecimiento de prioridades

El cálculo de la prioridad se realiza en función de comparaciones a pares con respecto a un criterio dado. Para comparar los elementos se forma una matriz y se pregunta: ¿Cuánto supera este elemento (o actividad) al elemento con el cual se está comparando- en la medida en que posee la propiedad, contribuye a ella, la domina, influye sobre ella, la satisface, o la beneficia?

El segundo principio que destaca de este método multicriterio es el establecimiento de prioridades entre los elementos de la jerarquía. Se propone una escala de prioridades como forma de independizarse de las diferentes escalas que existen entre sus componentes. Los seres humanos perciben relaciones entre los elementos que describen una situación, pueden realizar comparaciones a pares entre ellos con respecto un cierto criterio y de esta manera expresar la preferencia de uno sobre otro. La síntesis del conjunto de estos juicios arroja la escala de intensidades de preferencias (prioridad) entre el total de elementos comparados (Tabla 2.7). De esta forma es posible integrar el pensamiento lógico con los sentimientos, la intuición (que es reflejo de la experiencia), etc. Los juicios que son ingresados en las comparaciones a pares responden a estos factores.

TABLA 2.7: Escala de Saaty.

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra.
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes.
Recíprocos	$A_{ij}=1/A_{ji}$	Hipótesis del método.

FUENTE: (PACHECO, 2008).

- Consistencia lógica

Los seres humanos tienen la capacidad de establecer relaciones entre los objetos o las ideas, de manera que sean consistentes – es decir, que se relacionen bien entre sí y sus relaciones muestren congruencia. En este sentido consistencia implica dos cosas: transitividad y proporcionalidad; la primera es que deben respetarse las relaciones de orden entre los elementos, es decir, si A es mayor que C y C es mayor que B

entonces la lógica dice que A es mayor que B. La segunda es que las proporciones entre los órdenes de magnitud de estas preferencias también deben cumplirse con un rango de error permitido. Por ejemplo, si A es 3 veces mayor que C y C es dos veces mayor que B entonces A debe ser 6 veces mayor que B, este sería un juicio 100% consistente (se cumple la relación de transitividad y de proporcionalidad).

La escala a que se hace referencia existe en el inconsciente, no está explícita y sus valores no son números exactos, lo que existe en el cerebro es un ordenamiento jerárquico para los elementos. Dada la ausencia de valores exactos para esta escala la mente humana no está preparada para emitir juicios 100% consistentes (que cumplan las relaciones de transitividad y proporcionalidad). Se espera que se viole la proporcionalidad de manera tal que no signifique violaciones a la transitividad.

Los juicios consistentes imponen 2 propiedades en forma simultánea:

- Transitividad de las preferencias: Si C1 es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3.
- Proporcionalidad de las preferencias: Si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

Por supuesto, es necesario, cierto grado de consistencia en la fijación de prioridades para los elementos o actividades con respecto de algún criterio para obtener resultados válidos en el mundo real.

El autor concluye que El AHP mide la inconsistencia global de los juicios mediante la Proporción de Consistencia, que es el resultado de la relación entre el Índice de Consistencia y el Índice Aleatorio. El Índice de Consistencia es una medida de la desviación de consistencia de la matriz de comparaciones a pares y el Índice Aleatorio es el índice de consistencia de una matriz recíproca aleatoria, con recíprocos forzados, del mismo rango de escala de 1 hasta 9. El valor de esta proporción de consistencia no debe superar el 10%, para que sea evidencia de un juicio informado. Esto dependerá del tamaño de la matriz de comparación a pares.

Ambos autores expuestos anteriormente coinciden en algunas técnicas, siendo las del autor Pacheco (2008) más completas. El autor Pacheco (2008) expone que el método AHP es el más completo y posee ciertas ventajas respecto de los otros, como, por ejemplo, identificar los criterios discriminantes en la toma de decisiones, estructurar criterios y sub criterios en una jerarquía, determinar la importancia de cada criterio en términos de ponderadores y sintetizar toda esa información para tomar la mejor decisión.

Además, el autor (TORTORELLA, 2008) al igual que (PACHECO, 2008) recomienda el uso de esta herramienta por sobre otras herramientas de análisis multicriterio.

2.7 Condiciones y medio ambiente de trabajo

De acuerdo a lo establecido en el artículo 184 del Código del Trabajo, el empleador está obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando

de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas, como también los implementos necesarios para prevenir accidentes y enfermedades profesionales.

Según el Artículo 5° de la ley 16744 sobre accidentes laborales y enfermedades profesionales define un accidente laboral como “toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo, y que le produzca incapacidad o muerte”. Además “son también accidentes del trabajo los ocurridos en el trayecto directo, de ida o regreso, entre la habitación y el lugar del trabajo, y aquéllos que ocurran en el trayecto directo entre dos lugares de trabajo, aunque correspondan a distintos empleadores”.

(KANAWATY, 1996) plantea que “un accidente es el resultado de la combinación de varios factores técnicos, fisiológicos y psicológicos; depende de la máquina y del ambiente de trabajo (iluminación, ruido, vibraciones, emanaciones de sustancias, falta de oxígeno, etc.), así como de la postura del trabajador y la fatiga imputable al trabajo, pero también de circunstancias ajenas al trabajo, como el mal humor, las frustraciones, la exaltación juvenil y otros estados físicos o mentales”.

Por otra parte, el Artículo 7° de la misma ley define a enfermedad laboral como “la causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realice una persona y que le produzca incapacidad o muerte”.

“Con el gran crecimiento de la tecnología mecánica han ido apareciendo nuevos riesgos desconocidos y con ello nuevas enfermedades profesionales de manera sigilosa. Sin embargo, el mismo avance tecnológico ha ido proporcionando instrumentos capaces de detectar estos nuevos riesgos de manera prematura. Es por ello que el estudio y la vigilancia del medio ambiente de trabajo han adquirido una importancia fundamental para prevenir las enfermedades profesionales”. (KANAWATY, 1996).

(FALAGÁN, 2000) menciona que “desde el punto de vista técnico, la enfermedad profesional se define como un deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador producido por una exposición continuada a situaciones adversas, mientras que el accidente de trabajo se define como un suceso normal que, presentándose de forma inesperada, interrumpe la continuidad del trabajo y causa daño al trabajador”.

Además, dice que “la similitud entre ambos radica en la consecuencia final: daño en la salud del trabajador. La diferencia, en el tiempo durante el cual transcurre la acción que acaba causando el daño. En la enfermedad, el tiempo es importante, ya que con la concentración, cantidad o energía del contaminante configura la dosis y el efecto que produce en la persona expuesta. En cambio, en caso de accidente de trabajo, el tiempo es irrelevante, ya que no influye en el efecto causado; éste aparece de manera instantánea en el momento del accidente”.

(KANAWATY, 1996) plantea que “la disminución de la productividad y el aumento de las piezas defectuosas y de los descartes de la producción imputables a la fatiga provocada por horarios de trabajos excesivos y malas condiciones de trabajo- sobre todo en lo que concierne a la iluminación y la ventilación- han demostrado que el organismo humano, pese a su inmensa capacidad de adaptación,

tiene un rendimiento mucho mayor cuando funciona en condiciones óptimas. Es más, en ciertos países en desarrollo se ha comprobado que es posible aumentar la productividad mejorando simplemente las condiciones en que se desarrolla el trabajo”.

Además, este autor dice que “no sólo un medio ambiente de trabajo peligroso puede constituir la causa directa de accidentes y enfermedades profesionales, sino que la insatisfacción de los trabajadores cuyas condiciones de trabajo no están adaptadas a su nivel cultural y social actual puede provocar también la disminución de la calidad y la cantidad de la producción, una rotación excesiva de mano de obra y un mayor absentismo”.

(NIEBEL, 2009) plantea que la experiencia ha demostrado que las plantas con buenas condiciones de trabajo rinden mucho más que las que carecen de ellas. Desde el punto de vista económico, el retorno de la inversión en un ambiente de trabajo mejorado es generalmente significativo. Además de incrementar la producción, las condiciones de trabajo ideales mejoran la seguridad registrada; reducen el ausentismo, el número de personas que llegan tarde y la rotación de personal; eleva la moral de los empleados; y mejora las relaciones públicas.

Como se mencionó anteriormente, según el código del trabajo, el empleador es el responsable de proveer un ambiente seguro y limpio para sus trabajadores. Los autores mencionados concuerdan en que trabajar en una empresa con buenas condiciones de trabajo aumenta la productividad, la calidad de los productos, entre otros, y ayuda a disminuir la rotación de personas y el ausentismo, por mencionar algunas ventajas.

2.7.1 Seguridad e higiene en el trabajo

(KANAWATY, 1996) expone que la responsabilidad de la seguridad e higiene en una empresa no puede aislarse de funciones cotidianas como la administración, la producción, el mantenimiento y otras actividades de servicios auxiliares. Esta responsabilidad debe constituir un aspecto integrante del lugar de trabajo y seguir la estructura administrativa desde el personal directivo de categoría superior hasta los supervisores de la cadena de producción.

(NIEBEL, 2009) dice que “La seguridad en el lugar de trabajo es una extensión del concepto de proporcionar un ambiente de trabajo agradable, seguro y cómodo al operador. El objetivo principal no es aumentar la producción a través de mejores condiciones de trabajo o del aumento de la moral del trabajador, sino específicamente reducir el número de accidentes, los cuales dan como resultado la aparición de lesiones y la pérdida de bienes”.

Además, (NIEBEL, 2009) plantea que “la prevención de accidentes es el método táctico y a menudo de corto plazo para dirigir a los trabajadores, materiales, herramienta y equipo y el lugar de trabajo con el propósito de reducir o evitar la ocurrencia de accidentes”.

(FALAGÁN, 2000) menciona que “Según la American Industrial Hygienist Association (A.I.H.A.), la Higiene Industrial es la “Ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanados o provocados por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de una comunidad”. Suele definirse también como una técnica no médica de prevención, que actúa frente a los contaminantes ambientales derivados del trabajo, al objeto de prevenir las enfermedades profesionales de los individuos expuestos a ellos”.

Según (KANAWATY, 1996) el estudio de los riesgos profesionales en la industria ha revelado la naturaleza de las posibles causas de accidentes laborales y de enfermedades profesionales. Las causas más corrientes de accidentes de trabajo no son provocadas por las máquinas más peligrosas (como las sierras circulares, las máquinas moldeadoras de brocas o las presas mecánicas) o por sustancias peligrosas (como explosivos, líquidos inflamables volátiles, sustancias químicas), sino por actos tan comunes como tropezar, caerse, manipular o utilizar objetos sin cuidado, o ser golpeado por un objeto que cae. Asimismo, las víctimas más frecuentes de accidentes son las personas más aptas desde el punto de vista físico y psicosensores, las personas jóvenes.

En el lugar de trabajo existen diversos riesgos, visibles e invisibles. Dentro de los visibles cabe destacar los andamios sin protección, los socavones en el suelo, el goteo o fuga de sustancias químicas. Los riesgos no visibles con cada vez más comunes y peligrosos, como los gases inertes, los gases de soldeo, el ruido, las vibraciones o los efectos imprevisibles de una mezcla de productos químicos.

La primera precaución que se debe tomar en cuenta para evitar accidentes laborales y las enfermedades profesionales consiste en eliminar las causas potenciales, tanto técnicas como humanas. Para ello se debe tener respeto de las reglas y normas técnicas, se debe efectuar una inspección y un mantenimiento cuidadoso de la maquinaria, se deben formar a todos los trabajadores en materia de seguridad y establecer buenas relaciones de trabajo.

En la figura 2.13 se exponen cuatro métodos básicos para prevenir riesgos en el trabajo clasificados por orden decreciente de eficacia.

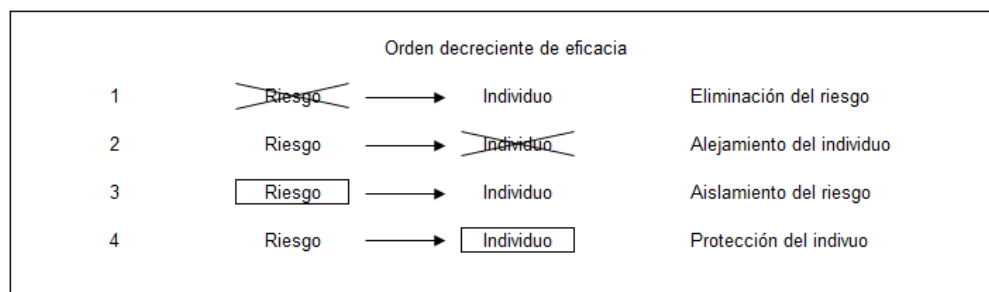


FIGURA 2.13: Métodos básicos para prevenir riesgos en el trabajo.

FUENTE: (KANAWATY, 1996).

En lo que concierne a seguridad industrial el método más eficaz de prevención es el que adopta en la etapa de diseño (ejemplo de un edificio, una instalación, un proceso de producción, etc.) puesto que cualquier mejora o modificación realizada posteriormente puede resultar demasiado tardía para proteger la salud del trabajador. Por otra parte, las actividades peligrosas (por ejemplo, las que producen contaminación ambiental, ruido o vibraciones) y las sustancias nocivas que pueden propagarse por el aire, deberán ser sustituidas por actividades o sustancias inofensivas. (KANAWATY, 1996).

(FALAGÁN, 2000) define como equipos protección colectiva como: “aquellos equipos que protegen simultáneamente a más de una persona del riesgo para el que fueron concebidos, logrando así la eliminación o reducción del mismo. Por tanto, estos equipos están diseñados para proteger una zona determinada de trabajo, quedando así protegidos todos los trabajadores que desarrollan su actividad endicha zona de trabajo”.

También menciona que, entre los tipos de protección colectiva más habitualmente empleados, merecen destacarse, los siguientes:

- a) Contra el riesgo de caídas
 - Barandillas
 - Redes
 - protección de huecos
- b) Contra contactos eléctricos
 - doble aislamiento
 - puesta a tierra y diferencial
 - recubrimiento de partes activas
 - separación de circuitos
 - pequeñas tensiones de seguridad
 - neutro aislado a tierra
- c) Protección de máquinas
 - Resguardos
 - dispositivos de protección

(FALAGÁN, 2000) indica que “cuando el uso de las técnicas colectivas no resulta posible o conveniente, como medida complementaria de ella, se deberá recurrir a la protección individual. La misión de la protección individual no es la de eliminar el riesgo de accidente, sino de reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que éste pueda provocar en el trabajador. La protección personal constituye una de las técnicas de seguridad operativas que presenta una mayor rentabilidad si se tiene en cuenta su generalmente bajo coste al grupo de protección que presenta su correcto uso”.

Este mismo autor define protección personal o individual como “la técnica que tiene como objetivo el proteger al trabajador frente a agresiones externas, ya sean de tipo físico, químico o biológico que se pueden presentar en el desempeño de su actividad”.

El autor menciona que los equipos de protección individual (EPI) pueden clasificarse de diversas formas atendiendo a los diferentes conceptos de la protección:

- a) Según el grado de protección que ofrecen:
 - protección parcial
 - protección integral
- b) Según el tipo de riesgo a que se destina:
 - protección frente a agresivos de tipo físico
 - protección frente a agresivos de tipo químico
 - protección frente a agresivos de tipo biológico
- c) Según la zona del cuerpo a proteger:
 - protección de la cabeza
 - protección del oído
 - protección de ojos y cara
 - protección de vías respiratoria
 - protección de manos y brazos
 - protección de pies y piernas
 - protección de la piel
 - protección del tronco y abdomen
 - protección de todo el cuerpo

Además, atendiendo a la complejidad del diseño y a la magnitud del riesgo contra el que protegen los EPI's se clasifican en tres categorías:

- a) Categoría 1: de diseño sencillo, donde el usuario por sí mismo puede juzgar la eficacia o no contra los riesgos. Pertenecen a esta categoría aquellos EPI's que tienen por finalidad proteger al usuario de:
 - agresiones mecánicas cuyos efectos son superficiales (p.ej. dedales)
 - productos de mantenimiento poco nocivos, cuyos efectos son reversibles (p.ej. guantes de protección contra soluciones detergentes)
 - protecciones en tareas de manipulación de piezas calientes, que no expongan al usuario a temperaturas superiores a los 50 °C ni a choques (p.ej. guantes)
 - protección frente a agentes atmosféricos que no sean excepcionales ni extremos (p.ej. gorros o ropas de temporada)

- protección frente a pequeños choques y vibraciones que no afecten a partes vitales del organismo y no produzcan lesiones irreversibles (p.ej. cascos)
 - protección a la radiación solar (p.ej. gafas de sol)
- b) Categoría 2: En esta categoría se integran aquellos EPI's que no reuniendo características de la categoría anterior tampoco están, diseñados para la magnitud de riesgo de categoría 3.
- c) Categoría 3: Corresponden a aquellos EPI's destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que pueda dañar gravemente y de forma irreversible la salud. Pertenecen a esta categoría:
- equipos de protección respiratoria filtrantes que protejan frente a aerosoles sólidos y líquidos o gases irritantes
 - equipos de protección respiratoria aislantes de la atmósfera
 - EPI's de protección contra las agresiones químicas o contra las radiaciones ionizantes
 - EPI's de intervención en ambientes cálidos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o superior a 100 °C, con o sin radiación de infrarrojos
 - EPI's de intervención en ambientes fríos, cuyos efectos sean comparables a los de una temperatura ambiente igual o inferior a -50°C
 - EPI's destinados a proteger contra caídas en altura
 - EPI's destinados a proteger contra riesgos eléctricos para los trabajos realizados bajo tensiones peligrosas o los que se utilicen como aislantes de alta tensión

El artículo 45° del Decreto 594 dice: "Todo lugar de trabajo en que exista algún riesgo de incendio, ya sea por la estructura del edificio o por la naturaleza del trabajo que se realiza, deberá contar con extintores de incendio, del tipo adecuado a los materiales combustibles o inflamables que en él existan o se manipulen. El número total de extintores dependerá de la superficie a proteger de acuerdo a lo señalado en el artículo 46°. Los extintores deberán cumplir con los requisitos y características que establece el decreto supremo N° 369, de 1996, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, o el que lo reemplace, y en lo no previsto por éste por las normas chilenas oficiales. Además, deberán estar certificados por un laboratorio acreditado de acuerdo a lo estipulado en dicho reglamento."

El artículo 46° del Decreto 594 dice: El potencial de extinción mínimo por superficie de cubrimiento y distancia de traslado será el indicado en la siguiente tabla:

TABLA 2.8: Potencial mínimo por superficie de cubrimiento

Superficie de cubrimiento máxima por extintor [m ²]	Potencial de extinción mínimo	Distancia máxima de traslado del extintor [m]
150	4A	9
225	6A	11
375	10A	13
420	20A	15

FUENTE: artículo 46° del Decreto 594.

El número mínimo de extintores deberá determinarse dividiendo la superficie a proteger por la superficie de cubrimiento máxima del extintor indicado en la tabla precedente y aproximando el valor resultante al entero superior. Este número de extintores deberá distribuirse en la superficie a proteger de modo tal que, desde cualquier punto, el recorrido hasta el equipo más cercano no supere la distancia máxima de traslado correspondiente. Podrán utilizarse extintores de menor capacidad que los señalados en la tabla precedente, pero en cantidad tal que su contenido alcance el potencial mínimo exigido, de acuerdo a la correspondiente superficie de cubrimiento máxima por extintor. En caso de existir riesgo de fuego clase B, el potencial mínimo exigido para cada extintor será 10 B, con excepción de aquellas zonas de almacenamiento de combustible en las que el potencial mínimo exigido será 40 B”.

2.7.2 Señalización en el trabajo

En lo que a señalización se respecta, el artículo 37 del decreto 594 señala que “las dependencias de los establecimientos públicos o privados deberán contar con señalización visible y permanente en las zonas de peligro, indicando el agente y/o condición de riesgo, así como las vías de escape y zonas de seguridad ante emergencias. Además, deberá indicarse claramente por medio de señalización visible y permanente la necesidad de uso de elementos de protección personal específicos cuando sea necesario. Los símbolos y palabras que se utilicen en la señalización, deberán estar de acuerdo con la normativa nacional vigente, y a falta de ella con la que determinen las normas chilenas oficiales y aparecer en el idioma oficial del país y, en caso necesario cuando haya trabajadores de otro idioma, además en el de ellos”.

(FALAGÁN, 2000) plantea que la utilización de la señalización en el campo de la prevención de riesgos laborales, tiene como objetivos:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones
- Alertar a los trabajadores cuando se produce una situación de emergencia

- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de medios e instalaciones de evacuación, protección, emergencia y primeros auxilios
- Orientar e informar a los trabajadores que efectúan maniobras peligrosas

Además, menciona que al igual que los equipos de protección individual, la señalización de seguridad no elimina el riesgo, por lo que deberán, además, adoptarse las medidas preventivas que correspondan. Las señales pueden ser, básicamente, de dos tipos:

- Señales en forma de panel
 - señales de advertencia
 - señales de prohibición
 - señales de obligación
 - señales indicativas
 - señales de salvamento o socorro
- Señales luminosas y/o acústicas

La norma chilena NCh1410 define el significado y la aplicación de colores de seguridad para la identificación de maquinarias, riesgos en la superficie, condiciones de peligro, equipos de emergencia y condiciones de seguridad. El significado y algunos ejemplos de aplicación de los colores de seguridad son los indicados en la tabla 2.9.

TABLA 2.9: Significado y aplicación de los colores de seguridad.

Color	Significado	Ejemplos de aplicación
Rojo	Peligro	- Receptáculos de sustancias inflamables - Barricadas - Luces rojas en barreras (obstrucciones temporales)
	Equipos y aparatos contra incendios	- Extintores - Rociadores automáticos - Cajas de alarma
	Detención	- Barras de parada de emergencia en máquinas - Señales en cruces peligrosos - Botones de detención en interruptores eléctricos
NOTA – Como alternativa para casos específicos, el rojo se combinará con amarillo.		

Naranja	Se usa como color básico para designar PARTES PELIGROSAS DE MÁQUINAS o equipos mecánicos que puedan cortar, aplastar, causar shock eléctrico o lesionar en cualquier forma; y para hacer resaltar tales riesgos cuando las puertas de los resguardos estén abiertas o hubieran sido retiradas las defensas de engranajes correas u otro equipo en movimiento. Además, este color es usado en equipos de construcción y de transporte empleados en zonas nevadas y en desiertos.	- Interior de resguardo en engranajes, poleas, cadenas, etc. - Aristas de partes expuestas de poleas, engranajes, rodillos, dispositivos de corte, quijadas mecánicas, etc. - Equipos de construcción en zonas nevadas
Amarillo	Se usa como color básico para indicar ATENCIÓN y peligros físicos tales como: caídas, golpes contra tropezones, cogido entre. Pueden usarse las siguientes alternativas, de acuerdo con la situación particular: amarillo solo, amarillo con franjas negras, amarillo con cuadros negros.	- Equipo de construcción (bulldozer, tractores, palas mecánicas, retroexcavadoras, etc.) - Equipo transporte de materiales (grúas, montacargas, camiones) - Talleres, plantas e instalaciones (barandas, pasamanos, objetos salientes, transportadores móviles, etc.) - Almacenamiento de explosivos
Verde	Se usa como color básico para indicar SEGURIDAD y la ubicación del equipo de primeros auxilios.	- Tableros y vitrinas de seguridad - Botiquines de primeros auxilios - Duchas de emergencia
Azul	Se usa como color básico para designar ADVERTENCIA y para llamar la atención contra el arranque, uso o el movimiento de equipo en reparación o en el cual se está trabajando.	- Tarjetas candados - Barreras - Calderas - Válvulas - Andamios

Púrpura	Se usa como color básico para indicar riesgos producidos por radiaciones ionizantes. Deberá usarse el color amarillo en combinación con el púrpura para las etiquetas, membretes, señales e indicaciones en el piso.	- Recintos de almacenamiento de materiales radiactivos - Receptáculos de desperdicios contaminados - Luces de señales que indican que las máquinas productoras de radiación están operando
Blanco y negro con blanco	El blanco se usa como color para indicar vía libre o una sola dirección; se le aplica asimismo en bidones, recipientes de basura o partes del suelo que deben ser mantenidas en buen estado de limpieza. Con franjas negras diagonales sirve como control de circulación en accesos, pasillos, vías de tráfico, etc.	- Tránsito (término de pasillos, localización y borde de pasillo, límite de bordes de escaleras, etc.) - Orden y limpieza (ubicación de tarros de desperdicios de bebederos, áreas de pisos libres)

FUENTE: NCh140.

En Chile la norma chilena NCh1411 de Prevención de riesgos en su primera parte habla sobre los letreros de seguridad, en donde especifica las características de los letreros, usados para prevenir accidentes, riesgos a la salud y para enfrentar condiciones de emergencia. Esta norma tiene como objeto unificar el uso de letreros usados con fines de seguridad. (Ver figura 2.14)



FIGURA 2.14: Letrero de seguridad para advertir peligro.

FUENTE: Elaboración propia en base a NCh1441/3.

La parte dos de esta norma hace referencia a las señales de seguridad, en donde especifica las señales y símbolos de prevención de riesgos usados para prevenir accidentes, riesgos a la salud y enfrentar condiciones de emergencia o peligros inminentes. Esta norma tiene por objeto simplificar el uso de las señales y símbolos empleados en la prevención de accidentes.

La norma establece las formas geométricas de las señales, las cuales se pueden ver en la siguiente figura (figura 4.15). En las figuras 4.16 y 4.17 se pueden apreciar algunos ejemplos de señales de seguridad.

Forma	Significado
	Señales de prohibición
	Señales mandatorias
	Señales de precaución
	Señales de información

FIGURA 2.15: Formas geométricas de las señales.

FUENTE: NCh1411/2.



FIGURA 2.16: Ejemplos de señales de obligación.

FUENTE: (FALAGÁN, 2000).



FIGURA 2.17: Ejemplos de señales relativas a equipos de lucha contra incendios.

FUENTE: (FALAGÁN, 2000).

La parte tres de la norma especifica las características de las tarjetas para prevenir accidentes, las que constituyen un medio temporal para advertir a los trabajadores de un riesgo existente en un equipo o instalación. Las tarjetas de prevención de accidentes no deben ser usadas en reemplazo ni como sustitución de los avisos o señales de seguridad.

También se menciona que las tarjetas no deben ser consideradas como un medio de advertencia completo sobre condiciones de riesgos, equipos defectuosos, peligro de radiación; sin embargo, deben ser usadas hasta que pueda emplearse un medio positivo para eliminar el riesgo. Por ejemplo, una tarjeta de NO PONER EN MARCHA, colocada en un equipo energizado, se usará por un tiempo breve hasta que el interruptor del sistema pueda ser bloqueado; una tarjeta de EQUIPO DEFECTUOSO se usará en una escala dañada y se tomarán las medidas pertinentes para que sea retirada del servicio y enviada al taller de reparaciones.

En las figuras 2.18 y 2.19 se pueden apreciar algunos ejemplos de tarjetas de seguridad.



FIGURA 2.18: Tarjeta de seguridad para advertir peligro.

FUENTE: Elaboración propia en base a NCh1441/3.

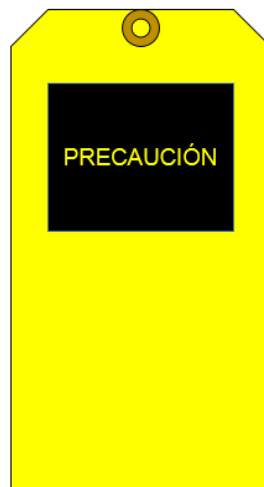


FIGURA 2.19: Tarjeta de seguridad para advertir precaución.

FUENTE: Elaboración propia en base a NCh1441/3.

La parte cuatro a identificación de riesgos de materiales la cual pretende entregar información básica al personal que trabaja en instalaciones donde se fabrican, almacenan o usan materiales que presentan riesgos o a aquellas personas que actúan en emergencias o en el combate de incendios. Además, esta norma proporciona un sistema de marcación o señal, para evaluar el riesgo existente en el local o zona. En la figura 2.20 se muestra un ejemplo de cómo presentar la identificación de riesgos.

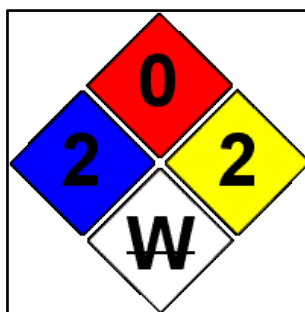


FIGURA 2.20: Ejemplo de identificación de riesgos.

FUENTE: Elaboración propia en base a NCh1441/4.

Como se mostró anteriormente, en Chile existen normas de estandarización en la señalética sobre prevención de riesgos, las cuales deben ser utilizadas en la industria para una mayor prevención de accidentes y enfermedades profesionales.

2.7.3 Orden y limpieza

No basta construir locales de trabajo que se ajusten a las reglas de seguridad e higiene, sino que es necesario que la fábrica o el taller se mantengan limpios y ordenados. El orden, que en el caso de una fábrica o lugar de trabajo es un término general que abarca todo lo referente a pulcritud y estado general

de conservación, no solo contribuye a prevenir, sino que también constituye un factor de productividad. (KANAWATY, 1996).

El orden entraña ciertos elementos básicos según (KANAWATY, 1996):

- Se deben eliminar los materiales y productos innecesarios: los que no se utilicen se deben tirar y los que se utilizan raras veces se deben recoger y almacenar de una manera adecuada.
- Las herramientas y el quipo deben estar ordenadas de manera que se puedan encontrar fácilmente y volver a colocar en su lugar designado (como se puede apreciar en la figura 2.21).
- Los corredores y pasadizos deben estar despejados y marcados con rayas de por lo menos 5 centímetros de ancho. Los depósitos y las zonas de almacenamiento deberán marcarse de igual modo.
- Las zonas de trabajo deben mantenerse limpias. el polvo puede resultar nocivo para ciertas operaciones, el aceite y la grasa pueden causar accidentes y los depósitos de materiales o sustancias químicas tóxicas no vigiladas son una fuente de enfermedades profesionales.
- La ropa de trabajo debe mantenerse igualmente limpia para reducir el riesgo de absorción cutánea de ciertas sustancias tóxicas y atenuar el problema de la sensibilización e irritación aguda o crónica de la piel.
- Los trabajadores asignados a trabajos sucios o expuestos a sustancias peligrosas o tóxicas deberían disponer de cuartos de aseo dotados de un grifo por cada tres o cuatro trabajadores.

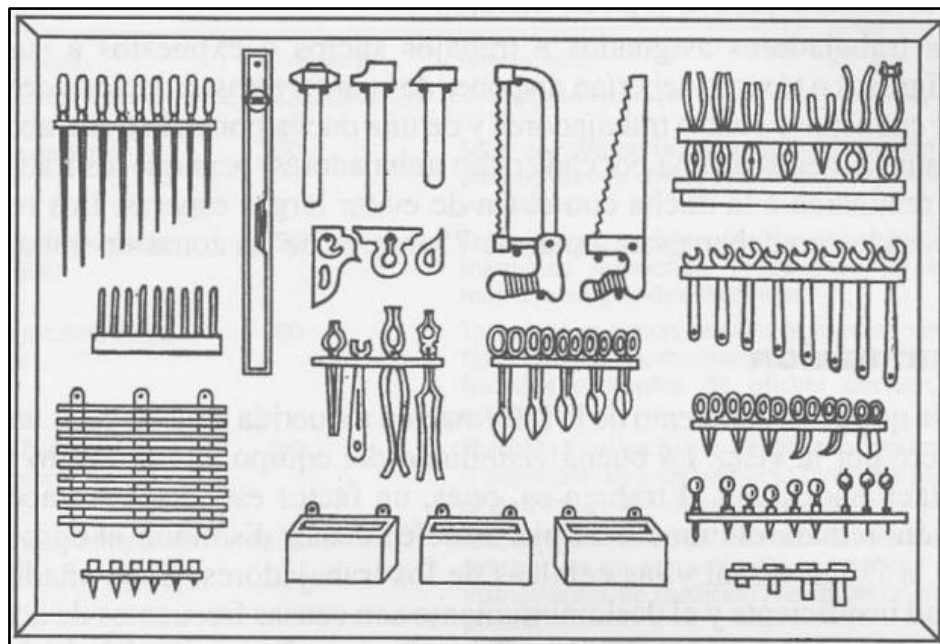


FIGURA 2.21: Disposición y almacenamiento de herramientas.

FUENTE: (KANAWATY, 1996).

(FALAGÁN, 2000) dice que el orden y la limpieza desempeñan un papel clave en la protección de la salud, evitando la dispersión de los mismos, esta disciplina debe ser inmediata con materiales tóxicos. El polvo acumulado en un puesto de trabajo (cornisas elevadas, pisos, salientes, etc.) puede retornar a la atmósfera por el tránsito, las vibraciones, las corrientes de aire ocasionales, etc., por lo que debe ser eliminado antes de que ocurra esto.

Igualmente, los vertidos en el suelo de disolventes, paños impregnados o materiales absorbentes, maquinaria que pierden producto, etc., acumulan dichos productos que se mezclan con el aire circundante. Se debe establecer un programa regular y efectivo, e inmediato para derrames de tóxicos y colocar recipientes metálicos herméticos para retirar residuos.

El autor agrega que la limpieza de equipos e instalaciones debe hacerse por métodos húmedos o de aspiración nunca por soplado con chorro de aire a presión. La limpieza es una medida preventiva importante cuando se trabaja con contaminantes que se depositan en el suelo, las máquinas o las estructuras y desde allí, pueden pasar de nuevo al ambiente. Ese paso puede ser debido a las corrientes de aire que provocan los sistemas de ventilación o al desplazamiento de objetos o personas.

Ambos autores concluyen que no basta sólo con tener un ambiente seguro y libre de accidentes y enfermedades, sino que también hay que mantener un orden e higiene adecuado para que no se formen focos de accidentes o enfermedades, y para que el trabajador se sienta a gusto en el lugar de trabajo, aumentando así la productividad.

2.7.4 Iluminación

La luz es detectada por el ojo humano (ver figura 2.22) y procesada en una imagen por el cerebro. Éste es un proceso muy complejo donde los rayos de luz pasan a través de la *pupila*, una abertura del ojo, y a través de la *córnea* y la *lente*, los cuales enfocan los rayos luminosos sobre la retina en la parte posterior del globo ocular. La retina se compone de receptores fotosensibles, los *bastones*, los cuales son sensibles al blanco y negro, especialmente en la noche, pero tienen una pobre agudeza visual, y los *conos*, sensibles a los colores en la luz del día y tienen buena agudeza visual. Los conos se encuentran concentrados en la *fovea*, mientras que los bastones se encuentran diseminados por toda la retina. Las señales eléctricas provenientes de los fotorreceptores se juntan y se transfieren mediante el nervio óptico al cerebro, donde la luz proveniente de una fuente externa se procesa e interpreta. (NIEBEL, 2009).

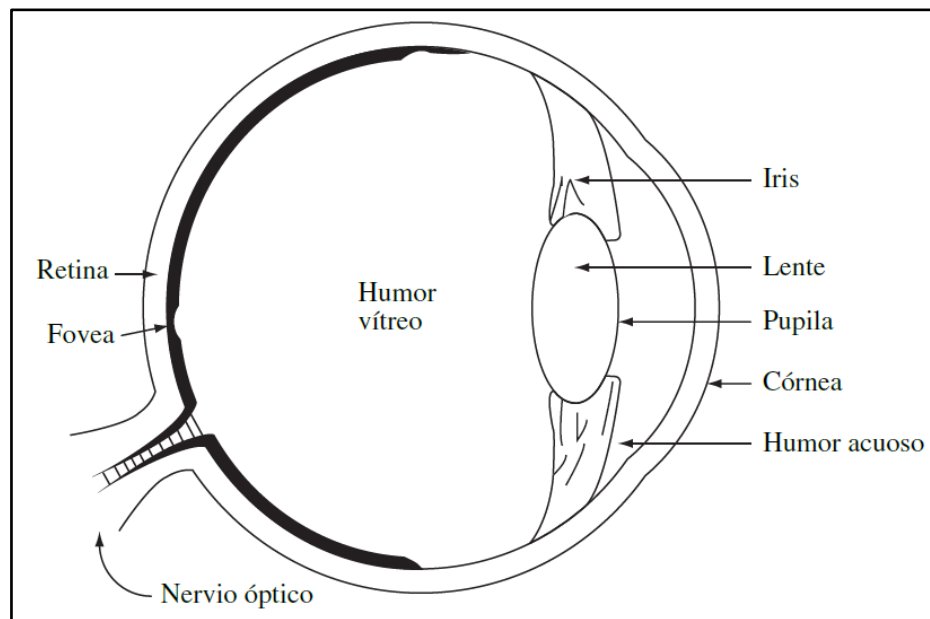


FIGURA 2.22: El ojo humano

FUENTE: (NIEBEL, 2009).

El mismo autor expone que, la teoría básica de la iluminación se aplica a una fuente puntual de luz (como una vela, por ejemplo) de una determinada intensidad luminosa, medida en candelas [cd] (vea la figura 2.23). La luz emana esféricamente en todas direcciones desde su origen con fuentes de 1 candela que emiten 12.57 lúmenes [lm] (en función al área de la esfera, $4\pi r^2$). La cantidad de luz que incide sobre una superficie o una sección de esta esfera se llama iluminación o iluminancia y se mide en fotocandelas [fc]. La cantidad de luz que incide sobre una superficie se reduce en función del cuadrado de la distancia d en pies que hay entre la fuente y la superficie:

$$\text{Iluminancia} = \text{Intensidad}/d^2 \quad (6)$$

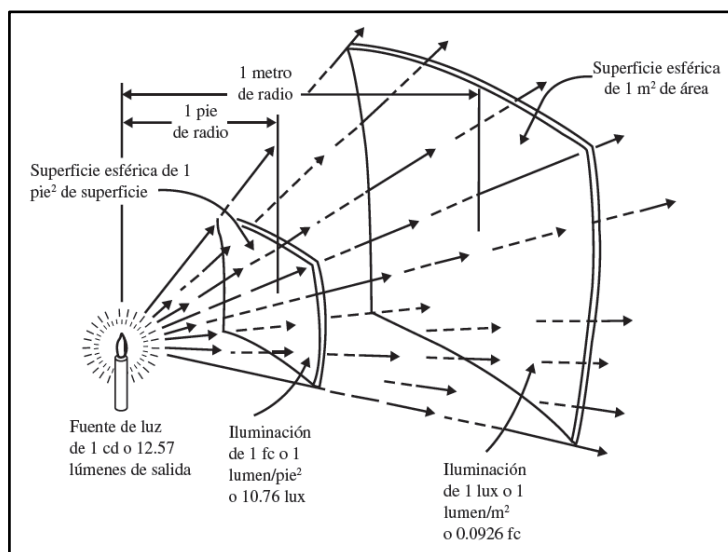


FIGURA 2.23: Distribución de la luz proveniente de una fuente luminosa que se rige por la ley cuadrada inversa.

FUENTE: (NIEBEL, 2009).

Parte de esa luz es absorbida y una parte se refleja (en el caso de materiales translúcidos, una parte también se transmite), lo cual permite a los seres humanos “ver” ese objeto y proporciona una percepción de brillantez. A la cantidad de luz que se refleja se le conoce como luminancia y se mide en pie-lamberts [fL]. Ella está determinada por las propiedades de reflexión de la superficie, conocidas como reflectancia.

La reflectancia es una proporción adimensional y varía de 0 a 100%. El papel blanco de alta calidad tiene una reflectancia de alrededor de 90%, el papel periódico y el concreto alrededor de 55%, el carbón 30% y la pintura negro mate 5%. (NIEBEL, 2009)

El artículo 103 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud, que aprobó el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo establece que “todo lugar de trabajo, con excepción de faenas mineras subterráneas o similares, deberá estar iluminado con luz natural o artificial que dependerá de la faena o actividad que en él se realice. El valor mínimo de la iluminación será la que se indica a continuación: (ver tabla 2.10).

TABLA 2.10: Valores mínimos de iluminación para diferentes actividades.

LUGAR O FAENA	ILUMINACIÓN EXPRESADA EN Lux [Lx]
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste.	150
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundiciones y trabajos similares.	300
Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares.	500
Laboratorios, salas de consultas y de procedimientos de diagnóstico y salas de esterilización.	500 a 700
Costura y trabajo de aguja, revisión prolija de artículos, corte y trazado.	1.000
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste, relojería, operaciones textiles sobre género oscuro y trabajos similares.	1.500 a 2.000
Sillas dentales y mesas de autopsias.	5.000
Mesa quirúrgica.	20.000

FUENTE: Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud.

Los valores indicados en la tabla se entenderán medidos sobre el plano de trabajo o a una altura de 80 centímetros sobre el suelo del local en el caso de iluminación general. Cuando se requiera una iluminación superior a 1.000 Lux, la iluminación general deberá complementarse con luz localizada. Quedan excluidos de estas disposiciones aquellos locales que en razón del proceso industrial que allí se efectúe deben permanecer oscurecidos”.

El artículo 104 del mismo Decreto Supremo establece que: “la relación entre iluminación general y focalizada deberá mantenerse dentro de los siguientes valores:” (ver tabla 2.11).

TABLA 2.11: Relación entre iluminación general y focalizada.

Iluminación general (lux)	Iluminación localizada (lux)
150	250
250	500
300	1.000
500	2.000
600	5.000
700	10.000

FUENTE: Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud.

De acuerdo a la Norma N° 4/2003 que establece las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de consumo de Baja Tensión, la iluminancia mínima para locales comerciales e industriales se muestran en la siguiente tabla.

TABLA2.12: Iluminancias mínimas para locales comerciales e industriales

Tipo de Local	Iluminancia [Lux]
Auditorios	300
Bancos	500
Bodegas	150
Bibliotecas	400
Casinos, restaurantes, cocina	300
Comedores	150
Fábricas en general	300
Imprentas	500
Laboratorios	500
Laboratorios de instrumentación	700
Naves de máquinas herramientas	300
Oficinas en general	400
Pasillos	50
Salas de trabajo con iluminación suplementaria	150
Salas de dibujo profesional	500
Subestaciones	300
Salas de venta	300
Talleres de servicio, reparaciones	200
Vestuarios industriales	100

Fuente: Norma N° 4/2003

Según (ARELLANO, 2013) "La iluminación es una situación ergonómica de carácter ambiental que si es deficiente puede constituir un problema a la salud de grandes proporciones. Cualquiera que sea el nivel

de iluminación requerido en una determinada actividad, la iluminación más confortable es la que proporciona luz difusa, lo que se consigue elevando el número de puntos de luz”, a continuación, en la tabla 2.13 se muestran diferentes niveles de iluminación para ciertas situaciones.

TABLA 2.13: Niveles de iluminación recomendados por la sociedad de ingenieros en iluminación

Niveles de iluminación recomendados por la sociedad de ingenieros en iluminación	
Situación y tareas	Niveles de iluminación recomendado [lux]
Montaje:	
Visión fácil	300
Visión difícil	500
Media	1000
Fina	5000
Extrafina	10000
Sala de máquinas:	
Producto bruto y trabajo de máquina	500
Producto medio y trabajo de máquina	1000
Trabajo fino y trabajo de máquina	5000
Producto extrafino, trabajo de máquina y trabajo fino	10000
Almacenes y depósitos:	
Inactivos	50
Oficinas:	
Diseño, dibujo en detalle	2000
Contabilidad	1500
Clasificación de correo	1000
Pasillos, ascensores, escaleras	200
Casas habitación:	
Cocina, actividades domésticas	1500
Leer, escribir	700

FUENTE: Elaboración propia en base a (ARELLANO, 2013).

“La iluminación o la falta de ella puede ser un riesgo de seguridad, pero no existe un código para iluminación mínima segura, excepto para áreas especializadas”, (ASFAHL, 2010).

Aproximadamente el 80 por ciento de la información requerida para ejecutar un trabajo se adquiere por la vista. La buena visibilidad del equipo, del producto y de los datos relacionados al trabajo es un factor fundamental para acelerar la producción, reducir el número de piezas defectuosas, disminuir las mermas de los materiales y prevenir la fatiga visual de los trabajadores. (KANAWATY, 1996).

Para (KANAWATY, 1996) la iluminación debe adecuarse al tipo de trabajo, pero su nivel debería aumentar no sólo en relación con el grado de precisión o miniaturización del producto, sino también en función de la edad del trabajador. Además, agrega que la acumulación de polvo y el desgaste de las

fuentes de luz reducen el nivel de iluminación de un 10 a un 50 por ciento del nivel original. En la tabla 2.14 se puede observar algunos valores que este autor propone para ciertas actividades.

TABLA 2.14: Niveles mínimos de iluminación

Naturaleza del trabajo (esfuerzo visual)	Nivel mínimo de iluminación [lux] *	Ejemplos típicos
Percepción general solamente	100	Salas de caldera (manipulación de carbón y cenizas); almacenes de materiales toscos y voluminoso; vestuarios.
Percepción aproximada de los detalles	150	Trabajos toscos e intermitentes en banco de taller y en máquinas; inspección y recuento de existencias; montaje de grandes máquinas.
Distinción moderada de los detalles	300	Trabajos con piezas de tamaño mediano en banco de taller o máquina; montaje e inspección de esas piezas; trabajos corrientes de oficina (lectura, escritura, archivo).
Distinción bastante clara de los detalles	700	Trabajos finos en banco de taller y máquina; montaje e inspección de estos trabajos; pintura y pulverización extrafinas; cosido de telas oscuras.
Distinción muy afinada de los detalles	1500	Montaje e inspección de mecanismos de precisión; fabricación de herramientas y matrices; lectura de instrumentos de medición; rectificación de piezas de precisión.
Tareas excepcionalmente difíciles o importantes	3000 o más	Relojería de precisión (fabricación y reparación).

* Estos valores se refieren al valor medio de iluminación obtenido a lo largo del período de servicio de la instalación y sobre toda la superficie útil de la pieza o de la zona de trabajo (se trata de la llamada "Iluminación de servicio")

FUENTE: Elaboración propia en base a (KANAWATY, 1996).

Este autor propone algunas formas de distribución de luz, estas se pueden apreciar en la figura 2.24, 2.25 y 2.26. Además, recomienda el uso de ventanas para aprovechar la luz natural, pero apoyando con luces artificiales.

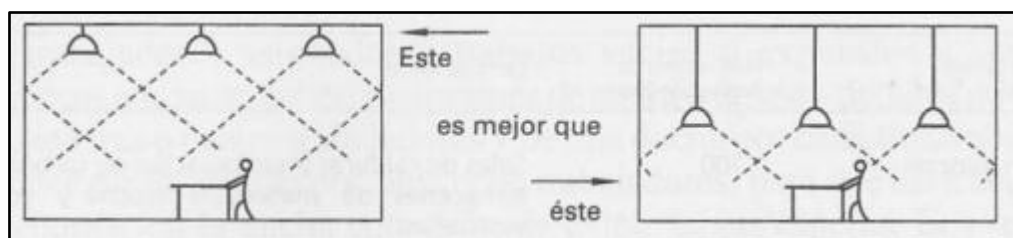


FIGURA 2.24: Montaje de artefactos de alumbrado general.

FUENTE: (KANAWATY, 1996).

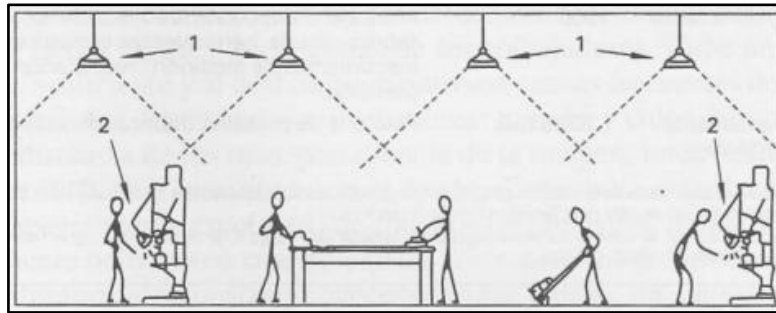


FIGURA 2.25: Necesidad de iluminación general.

FUENTE: (KANAWATY, 1996).

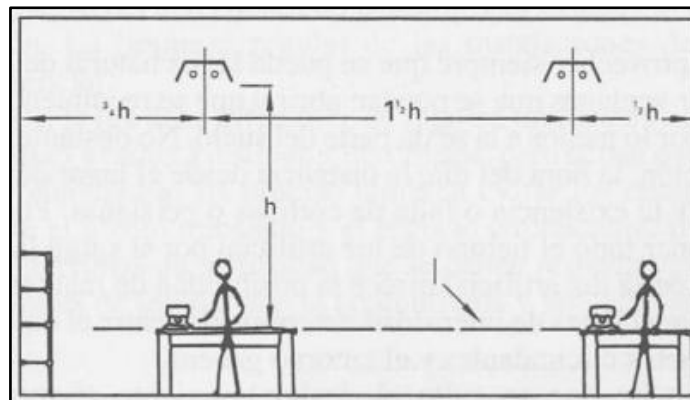


FIGURA 2.26: Espacio máximo recomendado para artefactos de iluminación industrial.

FUENTE: (KANAWATY, 1996).

Los autores mencionados concluyen que una iluminación deficiente puede ser causal de problemas graves a la visión, por lo que se debe proveer de la suficiente iluminación dependiendo del lugar y tipo de trabajo que se realizan. Además, los autores mencionan ciertos niveles mínimos de iluminación para diferentes actividades, de las cuales sólo la del autor (ARELLANO, 2013) está dentro de lo que establece el artículo 103 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud, que habla sobre los niveles mínimos de iluminación.

2.7.5 Ruido

El ruido consiste en cualquier sonido indeseable. Las ondas sonoras se originan a partir de la vibración de algún objeto, el cual a su vez forma una sucesión de ondas de compresión y expansión a través del medio de transporte (aire, agua, etc.). Por lo tanto, el sonido no sólo puede transmitirse a través del aire y de los líquidos, sino que también de sólidos tales como las estructuras de las máquinas herramienta. (NIEBEL, 2009).

En Chile, los artículos 74 y 75 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud, establecen que la exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante deberá ser controlada de modo que para una jornada de ocho horas diarias ningún trabajador podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente superior a 85 dB(A) lento, medidos en la posición del oído del trabajador. Los niveles de presión sonora continua equivalentes, diferentes a 85dB(A) lento, se permitirán siempre en el tiempo de exposición a ruido del trabajador no exceda los valores indicados en tabla 2.15.

TABLA 2.15: Tiempos de exposición a diferentes niveles.

NPSeq	Tiempo de exposición por día		
	[dB (A) lento]	[horas]	[minutos]
80	24,00		
81	20,16		
82	16,00		
83	12,70		
84	10,08		
85	8,00		
86	6,35		
87	5,04		
88	4,00		
89	3,17		
90	2,52		
91	2,00		
92	1,59		
93	1,26		
94	1,00		
95			47,40
96			37,80
97			30,00
98			23,80
99			18,90
100			15,00
101			11,90
102			9,40
103			7,50
104			5,90
105			4,70
106			3,75
107			2,97
108			2,36
109			1,88
110			1,49
111			1,18
112			56,40
113			44,64
114			35,43
115			29,12

FUENTE: Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud.

“La probabilidad de daño en el oído, que resulta en la sordera del “nervio”, aumenta a medida que la frecuencia se aproxima al rango de 2 400 a 4 800 Hz. Esta pérdida del oído es consecuencia de una pérdida de receptores en el oído interno, los cuales tienen problemas para transmitir las ondas sonoras hacia el cerebro. Asimismo, a medida que el tiempo de exposición aumenta, en especial donde están involucradas las frecuencias más altas, finalmente se presentará una lesión en el oído. Por lo general, la sordera del nervio se debe a la exposición excesiva al ruido. La susceptibilidad de las personas a la sordera por ruido inducido varía ampliamente”. (NIEBEL, 2009)

Según (KANAWATY, 1996) el método más eficaz para luchar con el ruido consiste en reducirlo en el mismo lugar donde se produce, por ejemplo, emplazando máquinas o el equipo ruidoso por otros más silenciosos. Como siempre se trata de medidas preventivas, éstas hay que tenerlas en cuenta durante la fase de concepción del proceso de producción, la construcción del edificio o la compra del equipo.

El mismo autor plantea otro método para reducir el ruido, que consiste en interponer barreras entre la fuente y el trabajador que absorban el ruido generado o aislando la fuente de ruido en locales separados de recintos insonorizados. Cuando no se pueda cumplir con las medidas mencionadas se deberán suministrar cabinas insonorizadas, desde las cuales podrán manejar la máquina sin tener que entrar en los locales ruidosos.

El Departamento de salud ocupacional del instituto de salud pública de Chile plantea que el ruido es un agente que, a diferencia de otros contaminantes, está presente en todas las actividades productivas, por lo que un número importante de los trabajadores de nuestro país ha adquirido o podría adquirir sordera profesional. En este sentido el SAISO (Sistema Automatizado de Información en Salud Ocupacional del Ministerio de Salud) mostró que entre 1997 y 2000, el primer lugar de los diagnósticos de ingreso correspondía a enfermedades del órgano de la audición, con un 38%. Además, la Hipoacusia, es una de las primeras causas de discapacidad producida por enfermedad profesional en nuestro país (datos de la Sociedad Chilena de Otorrinolaringología), producto de que el 30% de la población trabajadora está expuesta a niveles de ruido que provocan daño auditivo irreparable.

Además, dicho departamento, como además los autores citados, sugieren el uso de elementos de protección personal, siendo el protector auditivo el utilizado contra el agente ruido. El uso del protector auditivo será obligatorio cuando los niveles de ruido alcancen una intensidad de 80 dB(A) lento.

2.7.6 Condiciones climáticas

“El control de las condiciones climáticas en el lugar de trabajo es esencial para la salud y comodidad de los trabajadores y para mantener una mayor productividad. Un exceso de calor o de frío puede resultar muy fastidioso para los trabajadores y reducir su eficiencia” (KANAWATY, 1996).

El mismo autor nos dice que el organismo humano funciona de una manera que mantiene constante la temperatura del sistema nervioso y de los órganos internos, por lo cual mantiene el equilibrio término

necesario gracias a un intercambio continuo de calor con el medio ambiente. Además, agrega que es fundamental evitar el exceso de calor o de frío y, siempre que sea posible, mantener las condiciones climáticas óptimas para que el cuerpo pueda conservar el equilibrio térmico.

“Tarde o temprano, la mayoría de los trabajadores está expuesta al calor excesivo. En muchas situaciones, se producen ambientes cálidos de manera artificial debido a las demandas de una industria en particular” (NIEBEL, 2009).

La temperatura en el medio ambiente está dada por la interacción de diversos factores, dentro de los cuales se encuentran, la temperatura del aire, la ventilación, la humedad y el calor radiante.

3 DISEÑO METODOLÓGICO

En esta sección se expone la metodología utilizada para poder concretar los objetivos planteados al comienzo de este trabajo. Esta metodología parte con un levantamiento de información de la situación actual de la organización, esto basado en los autores (NÚÑEZ, 2014), (PLATAS, 2014) y (HERNÁNDEZ, 2011), que plantean que se debe: conocer en detalle el lugar en donde se realizan los procesos productivos, las máquinas, equipos y materiales necesarios, la visión de los trabajadores, entre otras cosas.

Luego se procedió a efectuar la metodología SLP, que, según la revisión bibliográfica efectuada, es el método más simple y eficaz a la hora de realizar una nueva distribución de planta en base a criterios cualitativos. Esta metodología fue apoyada con la aplicación de dos algoritmos de distribución de planta de tipo constructor y además con un método de análisis multicriterio (PACHECO, 2008) para poder definir de manera eficiente la alternativa más conveniente de acuerdo a la realidad de la empresa. Para dar fin a la propuesta se aplicaron conceptos de higiene y seguridad de acuerdo a diversos autores (ARELLANO, 2013), (ASFAHL, 2010) y a lo que dice la ley chilena 16.744, el Decreto N°594 y las normas NCh1411.

3.1 Diagrama del diseño metodológico

A partir de los objetivos específicos planteados, se elaboró un plan metodológico con el fin de cumplir con el objetivo principal, este plan se puede apreciar en la tabla 3.1 donde se exponen las etapas y las actividades a efectuar, las que se detallarán en la siguiente sección (3.2).

TABLA 3.1: Etapas y actividades del diseño metodológico.

ETAPAS	ACTIVIDADES
Etapa1: Levantamiento de información	a). Observación directa de los procesos productivos
	b) Entrevistas con trabajadores
	c) Identificación de departamentos y zonas de trabajo
	d) Cálculo de superficie de departamentos y zonas de trabajo
Etapa 2: Generación de opciones de distribución de planta	a) Aplicación de metodología SLP
	b) Aplicación de algoritmo CORELAP
	c) Aplicación de algoritmo ALDEP
Etapa 3: Determinación de la mejor opción	a) Consideración de restricciones y otros factores
	b) Aplicación de herramienta multicriterio
Etapa 4: Diseño de estaciones de trabajo y ambiente de trabajo de la organización	a) Observación directa del ambiente de trabajo
	b) Entrevistas con los trabajadores
	c) Establecimiento de elementos ergonómicos
	d) Diseño de secciones y layout final

FUENTE: Elaboración propia.

3.2 Desarrollo del diseño metodológico

En esta sección se presentan en detalle las actividades realizadas para cada etapa del diseño metodológico.

3.2.1 Etapa 1: Levantamiento de información

- a) Observación directa de los procesos productivos que se realizan en MV Construcciones LTDA.

A través de observación directa se pudo identificar y estudiar el tipo de sistema de producción de la empresa. Esta actividad se basó en lo que expone la autora (NÚÑEZ, 2014), la cual señala que para obtener un buen diagnóstico se debe recorrer las instalaciones y ver como se mueve el producto durante su ciclo productivo.

- b) Entrevistas abiertas con los operarios y gerente de la empresa.

Se realizaron entrevistas abiertas a los trabajadores de la empresa, que incorporaron preguntas relacionadas a sus funciones laborales, a las funciones y manejo de las máquinas y equipos existentes. Esta actividad se llevó a cabo en base a lo que señala el autor (HERNÁNDEZ, 2011) con el propósito de conocer en detalle las zonas de trabajo, las funciones de cada máquina, equipo y de cada trabajador del área operativa de la empresa

- c) Identificación de los departamentos y las zonas de trabajo de la organización en estudio.

Mediante observación directa de los procesos productivos y entrevistas con los trabajadores se pudo identificar los diferentes departamentos y las zonas de trabajo de la empresa. Esta actividad es fundamental para conocer las funciones de las diferentes máquinas y equipos y los trabajos que se realizan en éstas. Esta actividad se realizó en base a lo que dice el autor (PLATAS, 2014) con el propósito de reconocer los diferentes departamentos de la organización en estudio y las zonas en donde se realizan los trabajos para realizar un layout inicial de la empresa.

- d) Cálculo de superficie de departamentos y de las estaciones de trabajo de la empresa

Se calculó la superficie total con la que cuenta actualmente la empresa, tanto de las máquinas y equipos, como de mesones y estantes. Esta actividad se realizó de forma presencial y basado en lo que dice la autora (NÚÑEZ, 2014), en donde se midió el edificio, los departamentos y las zonas de trabajo, como además las distancias entre éstos, con el propósito de obtener un layout inicial.

3.2.2 Etapa 2: Generación de opciones de distribución de planta

- a) Aplicación y adaptación de metodología SLP de acuerdo a la realidad de la empresa

Una vez obtenida información acerca de la situación actual de la empresa, como layout inicial, sistema de producción, tipos de trabajos, entre otros, se aplicó la metodología SLP que proponen diferentes autores, entre ellos, (BACA, 2014). Esta técnica se realizó de manera manual, y tiene como finalidad proponer un layout en base a criterios cualitativos y al flujo de materiales, personas y producto.

Las actividades que se llevaron a cabo de esta metodología fueron:

- Identificación de trabajos más significativos.
 - Recorrido de los productos.
 - Replanteamiento de los departamentos y secciones de la empresa
 - Cálculo superficie mínima.
 - Diagramación de las relaciones entre secciones.
 - Generación de alternativas
- b) Aplicación de algoritmo CORELAP con los datos obtenidos de la empresa.

Este algoritmo se realizó mediante un *software* computacional con los datos obtenidos con anterioridad (área, relaciones entre departamentos, disponibilidad de espacio) con el fin de obtener una distribución basada en índices de cercanía entre los departamentos. Esta herramienta la proponen los diferentes autores relacionados a las decisiones estratégicas, entre los cuales se encuentra (LEYVA, 2013).

El procedimiento de este algoritmo es de la siguiente forma (BULL, 2015):

1. Se selecciona primero al departamento de mayor TCR, el cual se ubica en el centro del layout. Si existen más de 2 departamentos con igual TCR, la regla de desempate es el área (Se elige el Departamento con mayor área).
2. El siguiente departamento en entrar se determina en base a la carta de relaciones de la siguiente forma: Verificar si algún departamento tiene alguna relación tipo 'A' con el primero que entró. Si existe éste se sitúa junto al primero, sino se baja el grado de relación y se sigue buscando en el mismo orden. Si es que hay empate, entra el de mayor TCR.
3. Buscar para el primer departamento si existe otro con relación tipo 'A' y ubicarlo. Caso contrario se busca relación tipo 'A' para el segundo que entró.
4. Repetir paso anterior, para todos los grados de relaciones, hasta que todos los departamentos sean ubicados

Donde el TCR (*total closeness rating*) es la suma de valores numéricos asignados a las relaciones de proximidad en el gráfico de relaciones por medio de los coeficientes A, E, I, O, U, X.

- c) Aplicación de algoritmo ALDEP con los datos obtenidos de la organización.

Este algoritmo, recomendado por (SEGURA, 2010), se realizó manualmente con el propósito de obtener una distribución de planta a través de factores cualitativos, al igual que el SLP, con la diferencia que este algoritmo transforma los datos cualitativos a cuantitativos.

Los pasos de este algoritmo con los siguientes (BULL, 2015):

- Seleccionar aleatoriamente un departamento a ubicar.
- Revisar en la carta de relaciones y ubicar en el layout el que tenga mayor cercanía, si hay empate, la selección es al azar.
- Si no existe otro departamento con mayor grado de cercanía, se disminuye el grado y se repite el paso 2 hasta que todos los departamentos se hayan ubicados.

3.2.3 Etapa 3: Determinación de la mejor opción

- a) Consideración de restricciones y otros factores relevantes sobre las opciones de distribución.

Luego de obtener diversas opciones de distribución se realizaron algunos ajustes a éstas, como lo son pasillos, escaleras, formas de las secciones, entre otros. El autor (DOMÍNGUEZ, 1995) recomienda esta actividad para obtener un layout un poco más detallado, considerando factores que no consideran los algoritmos. El fin de esta actividad es estandarizar los diferentes escenarios para una correcta evaluación

- b) Aplicación de herramienta multicriterio, método AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Al existir diferentes opciones de distribución se tuvo que aplicar una herramienta de multicriterio para evaluar las diversas alternativas. Esta herramienta la recomienda (PACHECO, 2008) con el propósito obtener la mejor alternativa de distribución entre varias opciones mediante criterios cualitativos y cuantitativos.

3.2.4 Etapa 4: Diseño estaciones de trabajo y mejoramiento de seguridad y condiciones de trabajo

- a) Observación directa del ambiente de trabajo donde se realizan las actividades productivas de la empresa.

A través de observación directa se pudo estudiar el ambiente físico en el cual se desarrollan los trabajos, como además las condiciones en las cuales operan los operarios. Esta actividad se basó en lo que expone la autora (NÚÑEZ, 2014), la cual señala que para obtener un buen diagnóstico se debe recorrer las instalaciones con el fin de identificar factores de riesgos derivados de los procesos de trabajo (agentes físicos, químicos y biológicos, así como condiciones ergonómicas).

b) Entrevistas abiertas con los operarios y gerente de la empresa.

Se realizaron entrevistas abiertas con los operarios de la empresa con el fin de conocer su opinión respecto al ambiente de trabajo en el cual se desenvuelven y como sería su ambiente ideal de trabajo y bajo qué condiciones. (HERNÁNDEZ, 2011) recomienda el uso de esta técnica para recopilar información acerca de problemas, preocupaciones y cambios necesarios que afectan a los miembros de la organización.

c) Establecimiento de elementos seguridad y de ergonomía ambiental para la nueva instalación de la empresa.

Luego de observar las actividades productivas, el medio en donde se realizan y conocer la opinión de los responsables de realizar estas actividades se procedió a realizar mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad de la organización, en donde se consideraron las opiniones de los trabajadores, factores anteriormente estudiados y lo que proponen los diferentes autores relacionados a esta materia. (ARELLANO, 2013) menciona que dentro de los programas de seguridad y salud la aplicación de aspectos ergonómicos es fundamental para evitar accidentes y enfermedades laborales. El fin de esta actividad es otorgar un medio ambiente de trabajo adecuado para los trabajadores, libre de accidentes y enfermedades profesionales.

d) Diseño de propuesta de distribución de planta para la nueva instalación de la empresa.

Luego de obtener la distribución de planta ideal para la empresa y propuestas de mejoramiento de seguridad y condiciones de trabajo, se procedió a dibujar el layout final que será presentado al dueño de la empresa. Esta actividad se realizó de acuerdo a (BACA, 2014) Esta actividad es necesaria para finalizar la propuesta de diseño de layout que se va a presentar. El fin de esta actividad es entregar un plano con la propuesta de distribución y diseño de estaciones de trabajo al gerente de la organización.

4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Etapa 1: Levantamiento de información

4.1.1 Actividad a): Observación directa de los procesos productivos

Esta actividad se llevó a cabo en todas las visitas que se realizaron a la empresa bajo estudio. En estas visitas se observó el proceso productivo de los distintos trabajos que los clientes solicitaban. Estos trabajos se llevaban a cabo de acorde iban llegando, y cuando había trabajos importantes, éstos se priorizaban. Para cada orden de trabajo había materiales, equipos y herramientas diferentes, por ende, distintos recorridos por la empresa, no obstante, había trabajos que coincidían en la utilización de equipos, herramientas y zonas de trabajo, por ejemplo, se podía rectificar algún disco en un torno y en el otro se podía hacer el hilo de una pieza y partes de distintos trabajos pasaban por el taladro fresador para ser perforados o pulidos.

Se observó, además, que los responsables de llevar a cabo las actividades productivas en el área de operaciones de la organización son siete personas, de las cuales, 2 son torneros, 2 son soldadores y los otros 3 son ayudantes.

Los torneros operan sólo los dos tornos y el taladro fresador ubicados en la sección de tornería, además, cuentan con un mesón de trabajo, en el cual arman y desarman piezas, leen, dibujan y otras actividades. Los soldadores son los responsables de soldar los diferentes metales que se necesitan para la realización de los trabajos. Un soldador posee un nivel de Educación Media Técnico –Profesional en Mecánica Industrial y el otro soldador posee certificaciones en soldadura Arco Manual, Mig, Tig y oxiacetilénica. Ambos capacitados para efectuar cualquier tipo de soldadura, además son ellos quienes cortan fierro de gran espesor, ya sea a través de oxicorte o de una máquina de corte por plasma. Los ayudantes son los encargados de prestar apoyo a los torneros y soldadores, ya sea, a cortar piezas de metales de menor espesor, realizar orificios en taladro, rectificar discos, limpiar y pulir el producto final, pintar, entre otras actividades, y, además, son quienes desarman, limpian, arman y pulen los equipos que llegan a mantención.

Los principales materiales utilizados para la realización de los trabajos son:

- Fierro, el cual viene en barras, perfiles y planchas, todas estas de distintas medidas, formas y espesor.
- Acero inoxidable, el cual viene en barras, perfiles y planchas, todas de distintas medidas, formas y espesor.

También se llevan a cabo reacciones químicas para la fabricación de poliuretano y para la fabricación de fibra de carbono, las cuales se llevan a cabo en una sala aparte de las otras secciones.

Además de los materiales para confeccionar algunos productos requeridos por los clientes, también circulan por el área de operaciones partes de equipos que son llevados para la realización de mantención.

4.1.2 Actividad b): Entrevistas con trabajadores

Luego se procedió a realizar entrevistas abiertas a todos los operarios de la empresa para tener una visión más profunda de ésta. De estas entrevistas se obtuvo información relevante en cuanto al funcionamiento de la organización, como, por ejemplo, las funciones y tipos de trabajos que realizan cada trabajador; las funciones de cada equipo y máquina existente en la empresa; y los tipos de trabajos que se realizan.

En las entrevistas con los torneros se obtuvo información acerca de los materiales con los que trabajan (acero inoxidable y plástico), las funciones del torno (realización de hilos por dentro y fuera de la pieza, corte de piezas, moldeados de piezas, conicidad de piezas, etc.), las partes del torno, las diferencias entre los tornos que existen actualmente en la empresa, las herramientas de medición que se utilizan para la fabricación de piezas, las funciones del taladro fresador (realizar agujeros, realizar sacados en las piezas, etc.), los tipos de fresas que utiliza el taladro fresador y la superficie que utilizan para la realización de trabajos en las máquinas.

A través de las entrevistas informales a los soldadores (Anexo B) se pudo diferenciar la soldadura de fierro y la soldadura de acero inoxidable, ya que estos utilizan equipos y técnicas diferentes. En cuanto al dimensionamiento del material (acero inoxidable y fierro) se obtuvo información relevante, la cual consiste en la oxidación del acero inoxidable por medio de partículas emanadas durante el corte de fierro, las cuales se hacen notar a simple vista después de aproximadamente diez minutos del contacto entre estos dos metales. Actualmente existe una puerta que separa la sección de corte y soldadura de fierro de la de acero inoxidable, que habitualmente se mantiene abierta, pero cuando se está trabajando en acero inoxidable y fierro simultáneamente, se cierra.

Mediante las entrevistas a los mecánicos ayudantes se pudo conocer las funciones que ellos realizan habitualmente, como el pulido de piezas de metal para remover el óxido de estas, la pintura de piezas de fierro y de equipos de clientes que envían para mantención, la ayuda a los soldadores cuando tienen que armar las estructuras, en resumidas cuentas, ellos se encargan de apoyar a los soldadores y de terminar trabajos.

En cuanto a las entrevistas abiertas que se sostuvieron con el gerente de la empresa, se pudo recopilar más información acerca la utilización de máquinas y equipos y los trabajos que se realizan. Por otra parte, en relación a la nueva infraestructura, él planteó una idea aproximada de lo que quería para la nueva instalación, tanto en orientación y tamaño como en distribución de algunos departamentos. La idea de éste es construir un galpón de no más de 20 [m] x 18 [m], con orientación de Sur a Norte y que cuente

con un segundo piso para las oficinas administrativas, un comedor y un servicio higiénico. En el primer piso en tanto, se desea construir un hall con una recepción para personas y clientes, servicios higiénicos y el área de Operaciones (ver figura 4.1 y figura 4.2).

Como se ve en la figura 4.3 en el primer piso se encontrará: una recepción, con una superficie de 54 [m²]; un servicio higiénico para cada sexo, con una superficie de 6 [m²] y el área de operaciones cuya superficie será de 306 [m²]. En la figura 4.4 se puede observar el segundo piso de la futura instalación, la cual cuenta con: dos oficinas administrativas, con una superficie de 24 [m²]; un servicio higiénico que contará con 6 [m²] y un casino, con una superficie de 36 [m²].

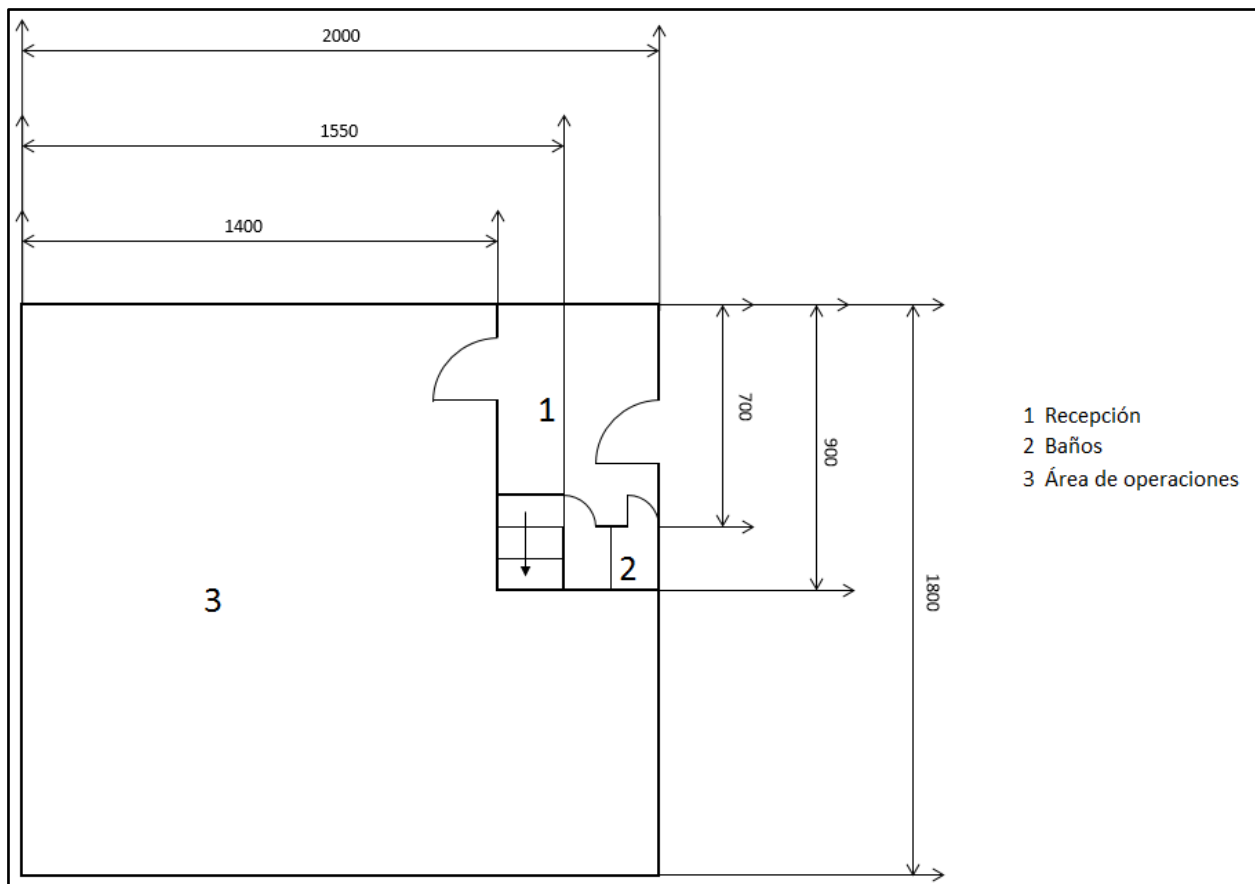


FIGURA 4.1: Bosquejo del primer piso de lo que sería la nueva instalación de la empresa de acuerdo a la entrevista del gerente.

FUENTE: Elaboración propia.

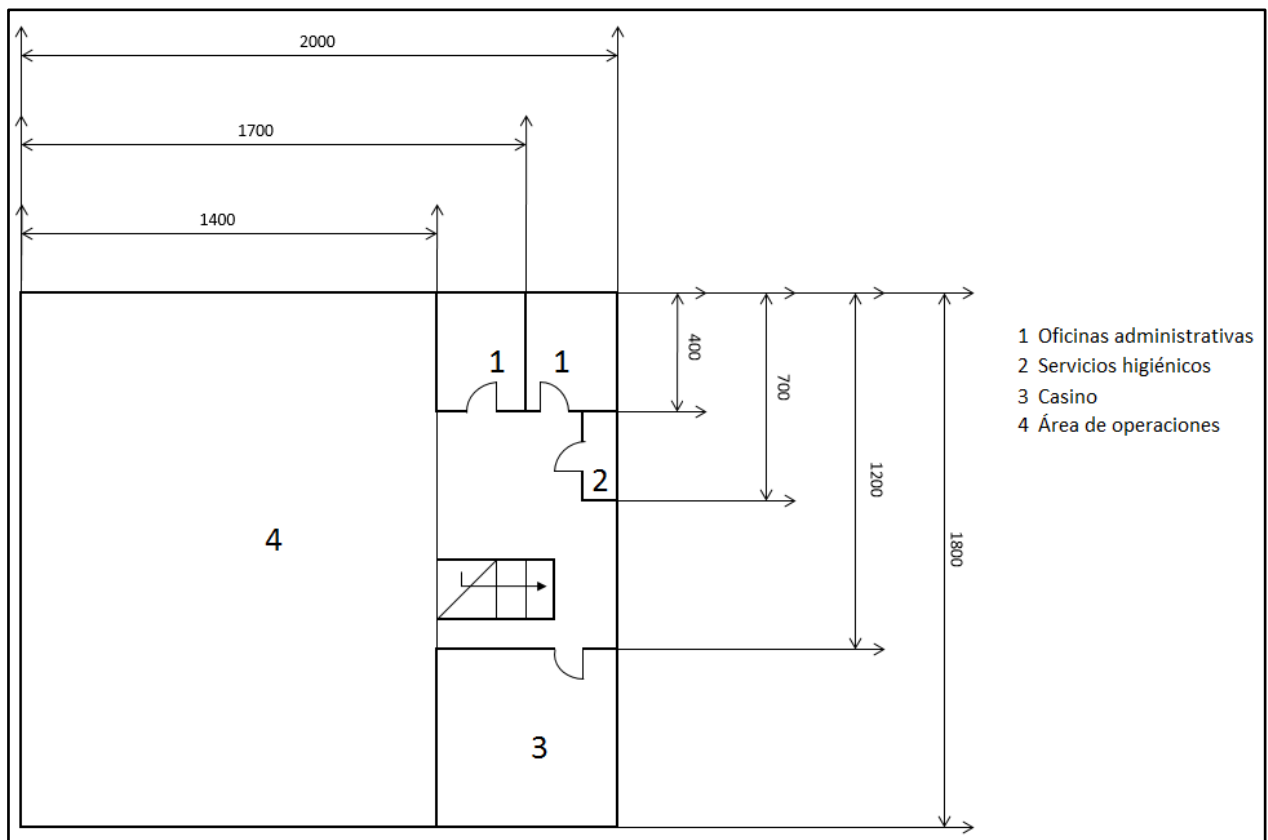


FIGURA 4.2: Bosquejo del segundo piso de lo que sería la nueva instalación de la empresa de acuerdo a la entrevista del gerente.

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.3 Actividad c): Identificación de departamentos y zonas de trabajo

La primera etapa del diseño metodológico fue el levantamiento de información en la empresa, cuya primera actividad era la identificación de los departamentos de la organización y los centros de actividad. Se detectaron los siguientes departamentos en la empresa:

- Oficinas administrativas
- Área de Operaciones
- Bodegas de máquinas, herramientas y materiales

Las oficinas administrativas son dos, las cuales pertenecen al gerente de la empresa y a la secretaria, éstas se encuentran en el segundo piso de la casa, donde además se localiza una de las bodegas de máquinas y herramientas, que está a cargo del gerente de la organización, en la cuales guardan algunas máquinas de soldar por ejemplo y herramientas para las distintas máquinas y equipos con los que cuenta la empresa.

El área de Operaciones de la empresa se encuentra en el patio de la casa y actualmente la empresa arrienda parte del terreno del propietario con el que limita su sitio. Dentro del área de operaciones de la empresa se identificaron siete secciones operativas, las cuales se mencionan a continuación:

- Corte de fierro
- Soldadura de fierro
- Corte y soldadura de acero inoxidable
- Tornería
- Mecánica de banco
- Pintura
- Sala de mezcla de químicos

En la sección de “**Corte de fierro**” es donde se mide y corta el fierro, empleando diferentes técnicas de corte que dependen de la forma del material. Este se puede presentar en forma de barra, de perfiles abiertos y cerrados y en planchas. En esta sección se encuentra un centro de actividad fijo y un centro de actividad “variable” que se establece según los requerimientos del trabajo. El centro de actividad fijo corresponde a la máquina tronzadora, la cual tiene como función cortar las diferentes tiras de fierro (en barra y perfiles abiertos y cerrados). El centro de actividad variable corresponde a la improvisación de un mesón en el cual se cortan las planchas de fierro, mediante la técnica de oxicorte o a través de una máquina de corte por plasma. Cabe destacar que este centro de actividad es montado dentro de esta sección solamente cuando se requiere, no es fijo, por eso el término “variable”.

En la sección de “**Soldadura de fierro**” es donde se lleva a cabo la unión de este material mediante soldadura al arco, formando así las diferentes estructuras. Esta sección cuenta con un centro de actividad fijo y otro “variable” que varían dependiendo de la envergadura del trabajo. Cuando el trabajo a realizar tiene como medidas máximas menores a 1,5 [m], éste se realiza en un mesón (centro de actividad fijo) que se encuentra a un costado del centro de actividad fijo de la sección de “Dimensionado de fierro” (máquina tronzadora). En caso contrario, cuando el trabajo a ejecutar tiene medidas máximas sobre el 1,5 [m], se monta un mesón de 4,5 [m²] (1,5 [m] de ancho x 3[m] de largo) dentro de la sección (centro de actividad variable).

La sección de “**Corte y soldadura de acero inoxidable**” es donde se realiza la medición, corte y unión del acero inoxidable en sus variadas formas (barra y perfiles abiertos y cerrados). Esta sección cuenta con un centro de actividad fijo y otro variable. El centro de actividad fijo es donde se realiza la soldadura del acero inoxidable de trabajos pequeños, los cuales son realizados en un mesón de trabajo. Por otra parte, el centro de trabajo variable corresponde al montaje de un mesón donde se realiza el corte y pulido de las tiras de acero inoxidable y la unión del mismo material cuando son trabajos de gran envergadura.

En la sección de “**Tornería**” se realizan piezas de metal, a través de tornos, a pedido y para la fabricación de productos propios de la empresa. Esta sección cuenta actualmente con cinco centros de

actividad fijos, los cuales son: dos tornos, en donde se le da forma al metal; un taladro fresador, el cual permite el taladro en piezas de metal mediante brocas (fresas) de diferentes tamaños; un esmeril, el cual sirve para pulir, cortar y afilar cualquier metal; y un mesón de trabajo con tornillo de banco para la realización de diferentes tareas. Cabe destacar además que en esta sección se encuentra un torno sin utilizar, ya que es de menor dimensión que los otros dos.

La sección **“Mecánica de banco”** es donde se realizan trabajos de forma manual y por medio de herramientas en mesones de trabajo como por ejemplo trazado, ajuste, limado, pulido y ensamble de componentes metálicos. También aquí se desarman y arman diferentes equipos. En esta sección existen tres centros de actividad fijos, los cuales son dos mesones de trabajo con su respectivo tornillo y un taladro que sirve únicamente para realizar agujeros.

La zona de **“Pintura”** es donde se pintan partes de equipos que llegan para mantención, piezas para algún trabajo o estructuras metálicas listas. En la actualidad esta zona se encuentra a un lado de la máquina tronzadora de fierro por motivos de espacio y porque es el único sector ventilado de la empresa. Existe sólo un centro de actividad, el cual es el mesón, donde se realiza el trabajo de pintura. Este trabajo puede ser a través de latas de pintura o con una pistola conectada a un compresor de aire dependiendo de la naturaleza del trabajo.

La **“Sala de mezclas químicas”** es donde se realizan diferentes materiales compuestos, como, por ejemplo, fibra de carbono y espuma de poliuretano. Esta sala es relativamente nueva, y nació en respuesta a la demanda de elaboración de discos para hidrolavadoras para el lavado de mallas. Esta sala cuenta con un centro de actividad, el cual consiste en un mesón de trabajo con un tornillo de banco en donde se realizan, se aplican y reposan las mezclas anteriormente mencionadas.

Además, en el área de Operaciones se encuentra otra bodega de materiales, donde se guardan equipos de menor valor, como galleteras, esmeriles y otras máquinas portátiles. También se almacena pintura y materiales que son utilizados frecuentemente en las máquinas y equipos de la empresa. Por otra parte, se encuentra un baño para los trabajadores en esta área.

4.1.4 Actividad d): Cálculo de superficie de departamentos y zonas de trabajo

Una vez identificados los departamentos, las secciones de trabajo y los centros de actividad de la empresa se llevó a cabo el cálculo de superficie de estas mismas. En la tabla 4.1 se aprecia las dimensiones y el área de cada departamento de la organización. En la tabla 4.2 se puede observar el área de cada sección de la empresa y las dimensiones y áreas de los centros de actividad.

TABLA 4.1: Dimensiones y área de los departamentos de la empresa.

Departamento	Ancho [m]	Largo [m]	Área [m ²]
Oficinas administrativas	2,5	4	10
Área de operaciones*	18	15,5	125
Bodega de máquinas y herramientas de menor uso	2	4	8
Bodega de máquinas y herramientas de uso frecuente	3	1,5	4,5
Servicios higiénicos	1,5	1,5	2,25

*Las dimensiones que aparecen en la tabla representan las medidas máximas y el área es la suma de varios polígonos.

FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 4.2: Dimensiones y área de los centros de actividad y superficie de cada sección del área de operaciones de la organización.

Sección	Centro de actividad					Área sección [m ²]
	Fijo	Variable	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]	
Corte de fierro	Mesón + Tronzadora		2,6	0,8	2,08	16,5
		Mesón improvisado	2	2	4	
Soldadura de fierro	Mesón		2	0,8	1,6	10,5
		Mesón improvisado	3	1,5	4,5	
Corte y soldadura de inoxidable	Mesón		2,8	0,8	2,24	9,18
		Mesón improvisado	3	1,5	4,5	
Tornería	Torno 1		2,8	1	2,8	40,5
	Torno 2		3	1,2	3,6	
	Taladro fresador		1	0,8	0,8	
	Esmeril		0,6	0,4	0,24	
	Mesón		3	0,7	2,1	
Mecánica de banco	Mesón 1		2,5	0,7	1,75	12
	Mesón 2		2	0,7	1,4	
	Taladro		0,5	0,9	0,45	
Pintura	Mesón		2	0,8	1,6	4
Sala de mezcla de químicos	Mesón		1,5	0,5	0,75	6,25

FUENTE: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos en las actividades previas, se pudo obtener el layout actual con el que cuenta la empresa. En la figura 4.3 y figura 4.4 se puede observar el layout actual de la organización.

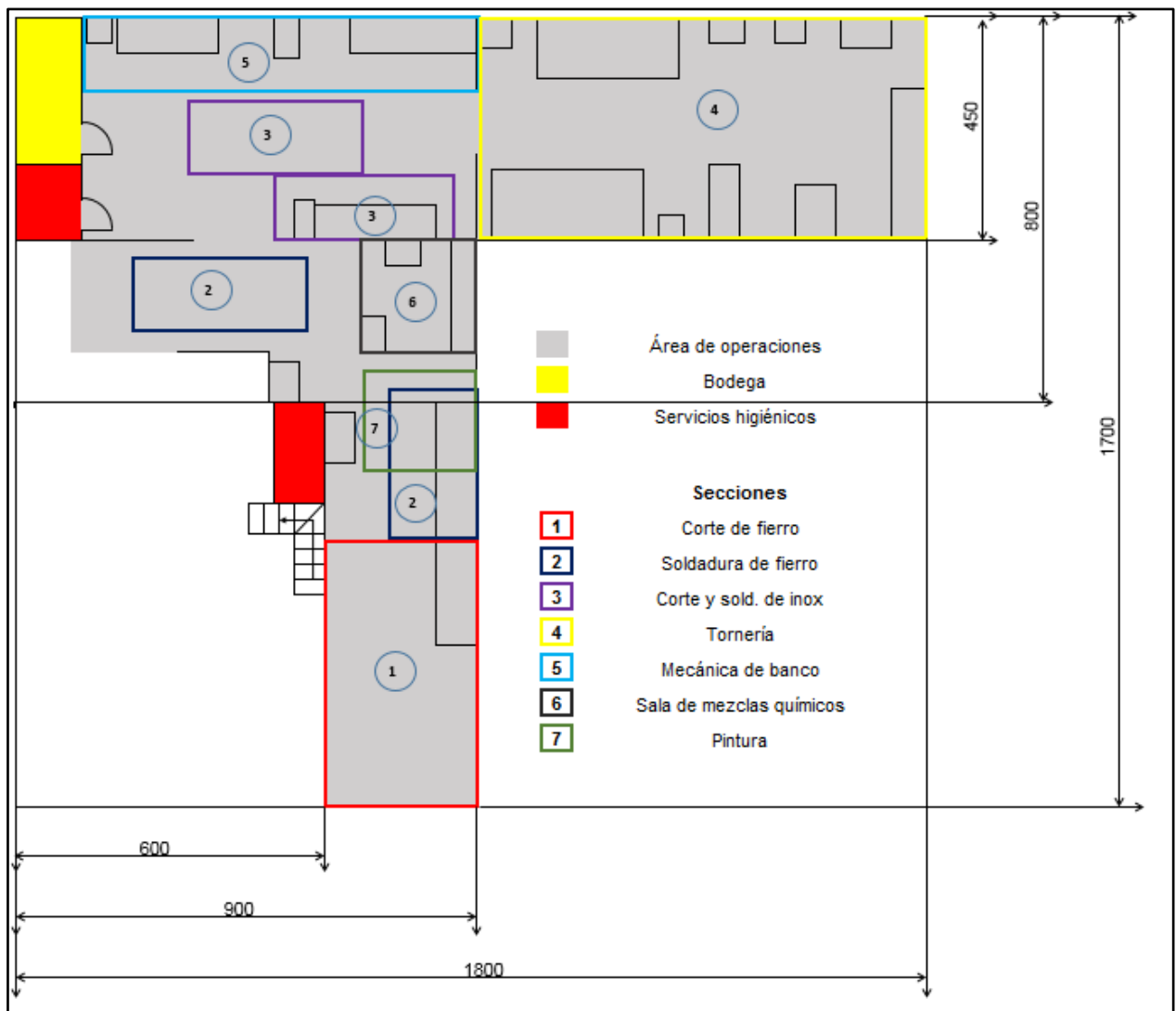


FIGURA 4.3: Primer piso del layout actual de la empresa.

FUENTE: Elaboración propia.

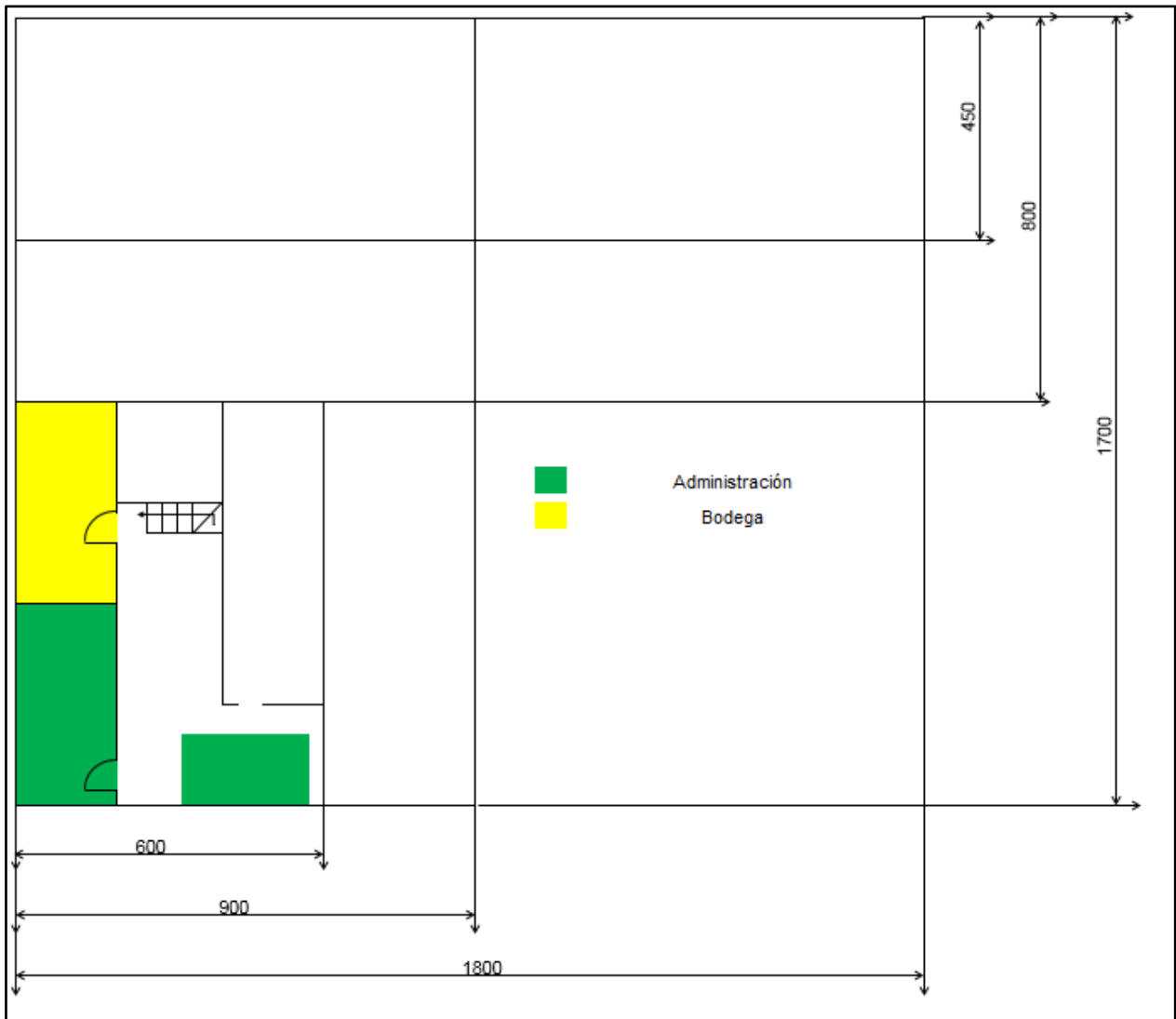


FIGURA 4.4: Segundo piso del layout actual de la empresa.

FUENTE: Elaboración propia.

4.2 Etapa 2: Opciones de distribución de planta

4.2.1 Actividad a): Aplicación de metodología SLP

Esta etapa partió con la aplicación de la metodología SLP la cuales

Esta metodología inició con la identificación y análisis de los trabajos más significativos para la organización, en cuanto a rentabilidad. Como la empresa presta servicios de maestranza y de trabajos en terreno, se tomaron en cuenta los trabajos que se realizaron en la maestranza de los últimos tres años.

Para obtener los trabajos más significativos, se recurrió a la aplicación del análisis de Pareto, con el cual se obtuvieron los trabajos que representan el 80% de los ingresos en cuanto a maestranza. En la

siguiente figura se puede apreciar los trabajos que representan este 80%, los cuales son: Reparación de discos, masas y platos de discos para hidrolavadoras; Confección de discos para hidrolavadoras; Mantenición de dispersores de alimento; Confección de hidrolavadora; Confección de masas de discos para hidrolavadoras; Confección de zunchos.

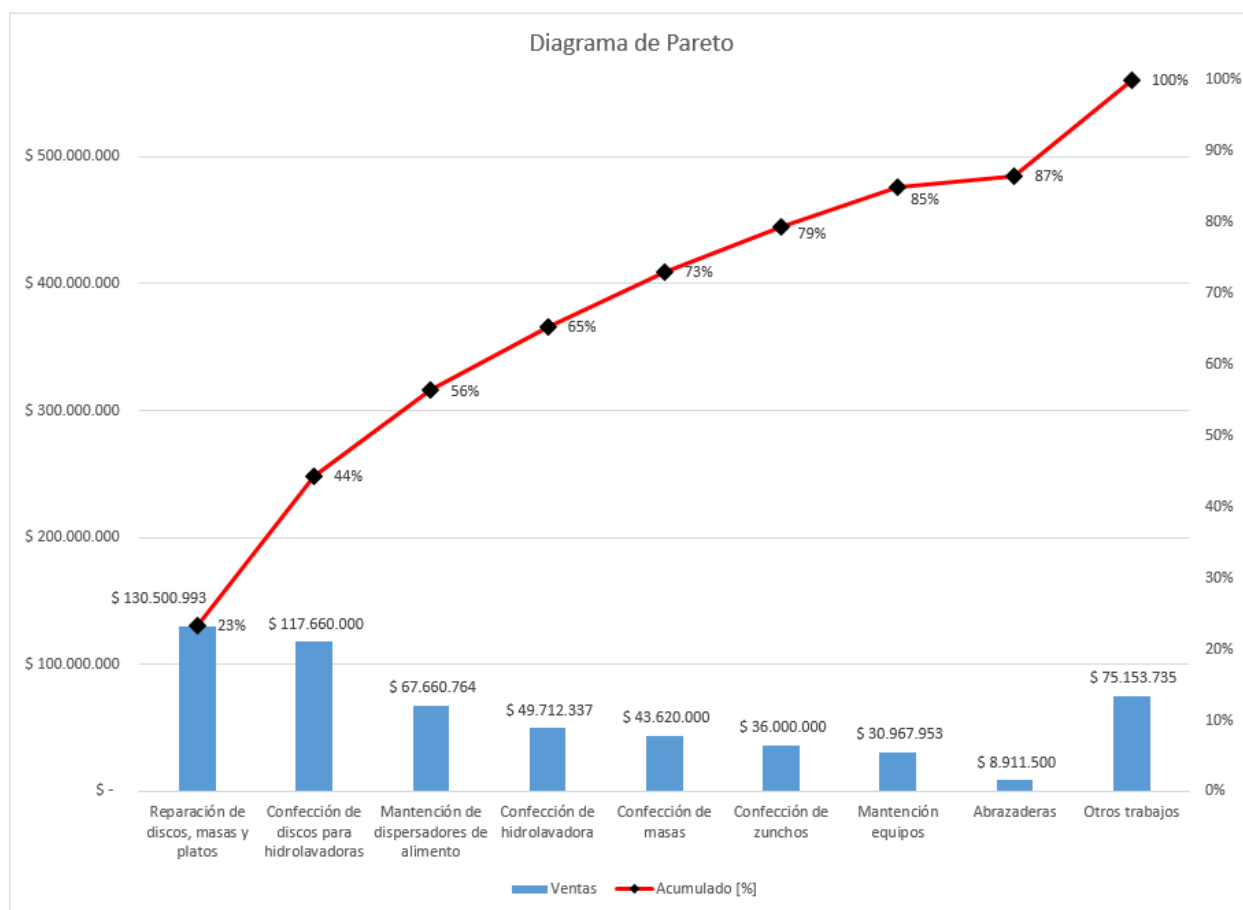


FIGURA 4.5: Análisis de Pareto de los trabajos que generan mayores ingresos a la organización.

FUENTE: Elaboración propia.

De estos 6 trabajos, del trabajo de “Confección de zunchos” sólo se han recibido seis órdenes de compra estos últimos tres años, por lo que se omitirá en el análisis de flujo posterior. Además, el ítem de “Otros trabajos” engloba diferentes proyectos aislados que se realizaron en la maestría con una frecuencia de menos de dos veces.

Para ejemplificar de mejor forma los trabajos a estudiar se agruparon algunos de la siguiente forma:

- “Reparación de discos, masas rotativas y platos” más “Mantenición de dispersores”, como “Mantenición completa de disco”.
- “Confección de discos para hidrolavadoras” más “Confección de masas rotativas”, como “Confección de disco completo”.

Luego se procedió a diagramar cada trabajo con el fin de entender cómo se mueven los materiales, las personas y los productos en proceso. El primer trabajo fue el de “Confección de hidrolavadora”, el cual consta de seis partes para su fabricación, las cuales se mencionan en la figura 4.6 y aporta un 8,87% de los ingresos por trabajos en maestranza a la empresa.

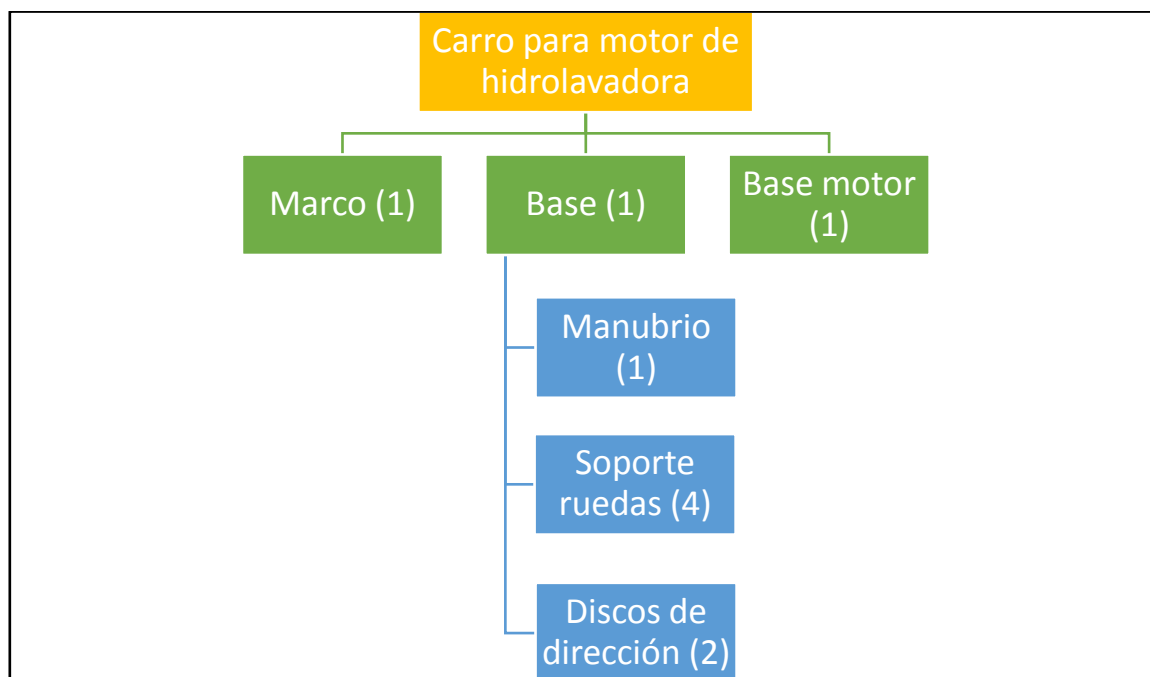


FIGURA 4.6: Partes de hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

El marco de la hidrolavadora se confecciona de perfiles cerrados de acero inoxidable y sirve como carcasa de la hidrolavadora. En la figura 4.7 se puede apreciar el diagrama de recorrido del marco de la hidrolavadora. Las actividades necesarias para realizar el marco de hidrolavadora son las siguientes:

1. Almacenar los materiales a utilizar
2. Llevar perfiles de acero inoxidable a zona de corte de acero inoxidable
3. Medir y cortar los perfiles
4. Verificar medida de perfiles
5. Pulir los perfiles donde se produce el corte
6. Medir donde realizar los orificios
7. Llevar los perfiles al taladro fresador, sección Tornería.
8. Realizar orificios en los perfiles
9. Llevar perfiles a zona de soldadura de acero inoxidable
10. Soldar los perfiles
11. Pulir soldaduras

12. El marco queda en espera de la fabricación de las otras piezas

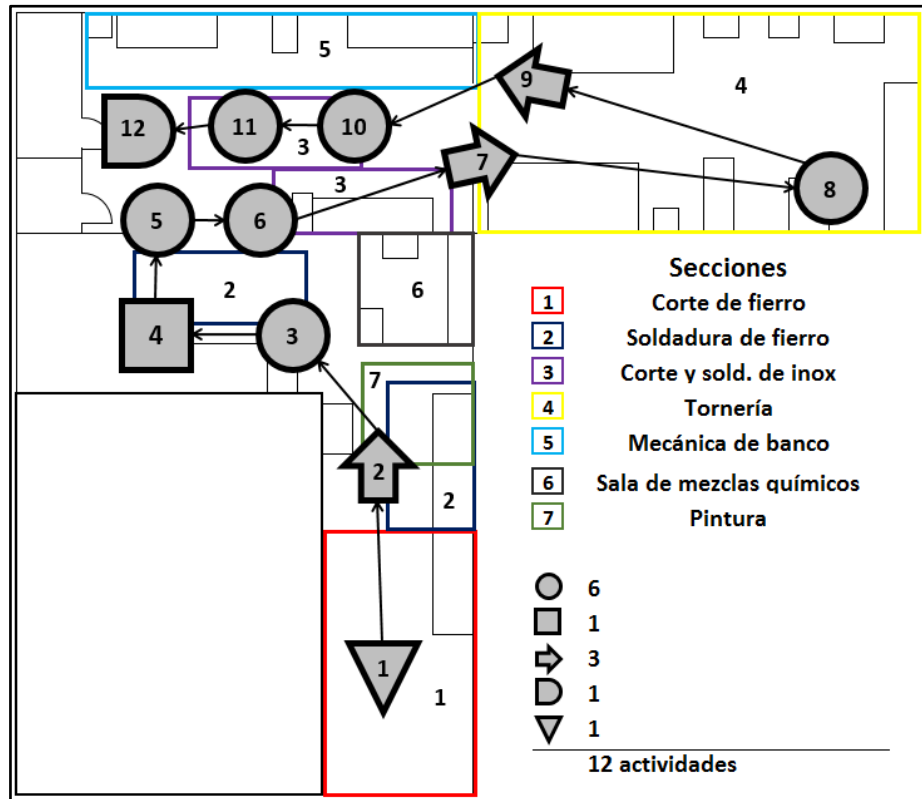


FIGURA 4.7: Diagrama de recorrido de marco de hidrolavadora

FUENTE: Elaboración propia.

La parte de la base del consta de 5 partes para su fabricación, las cuales son: la base propiamente tal, que consiste en el soporte del motor y es donde van soldadas y unidas las otras piezas, dos soportes de ruedas en la parte trasera del carro, un disco de dirección soldado en la parte frontal que se uno con otro disco de dirección soldado a un manubrio, con dos soportes de ruedas para poder guiar el carro. Para poder realizar la base del carro se siguieron las siguientes actividades (las cuales se muestran en la siguiente figura):

- 1) Almacenar los perfiles, barras planas y planchas de acero inoxidable a utilizar en la fabricación del carro
- 2) Llevar materiales a la zona de corte de acero inoxidable
- 3) Dimensionar y cortar los perfiles
- 4) Verificar las medidas
- 5) Dimensionar y cortar las barras
- 6) Verificar las medidas
- 7) Pulir perfiles y barras
- 8) Medir donde realizar orificios a los perfiles y barras

- 9) Llevar perfiles y barras al taladro fresador, sección de Tornería
- 10) Realizar orificios a los perfiles y barras según medidas
- 11) Llevar los materiales a la zona de soldadura de acero inoxidable
- 12) Soldar los perfiles y barras formando la pieza
- 13) Pulir las soldaduras
- 14) Esperar por la fabricación de las otras piezas

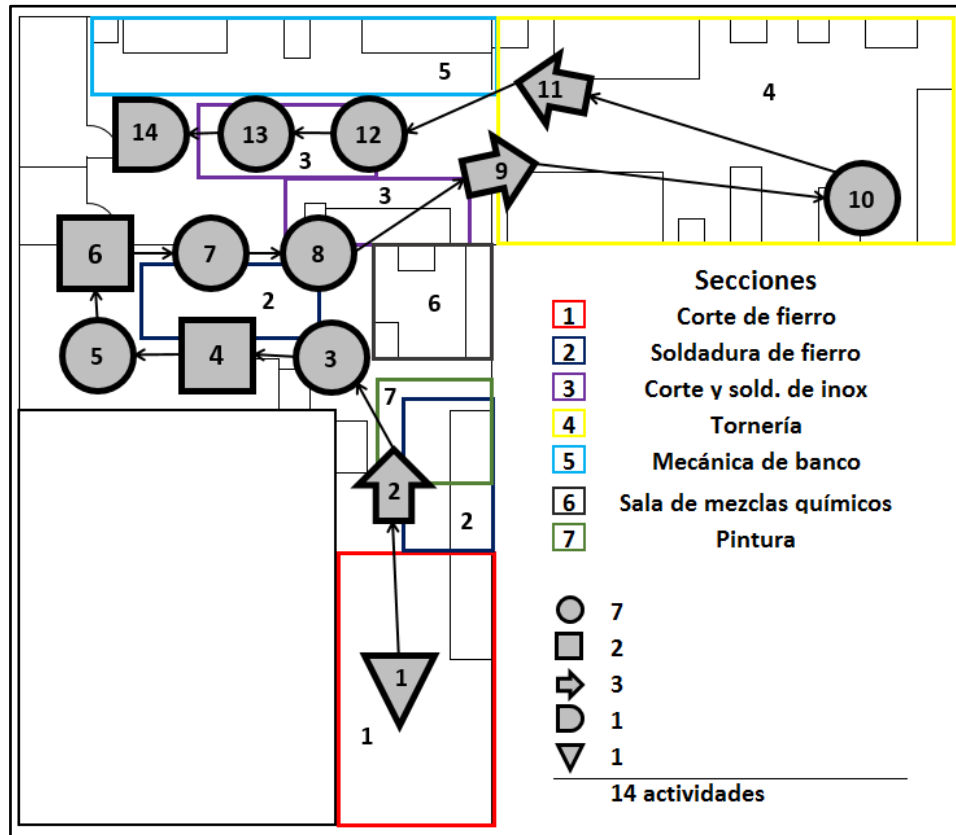


FIGURA 4.8: Diagrama de recorrido de la fabricación de la base del carro.

FUENTE: Elaboración propia.

Los soportes de ruedas (4) se construyen con las planchas de acero inoxidable y dos van soldadas a la base del carro y las otras dos al manubrio. En la figura 4.9 se aprecia el diagrama de recorrido de esta pieza y las actividades se detallan a continuación:

- 1) Centro de acopio de los materiales
- 2) Llevar plancha de acero inoxidable a la sección de corte de acero inoxidable
- 3) Medir y cortar las partes de los soportes
- 4) Verificar medidas
- 5) Pulir piezas
- 6) Medir donde realizar orificios a las piezas

- 7) Llevar piezas al ladro fresador, sección tornería
- 8) Realizar orificios a las partes de los soportes
- 9) Llevar piezas a la sección de soldadura
- 10) Soldar piezas para armar los soportes
- 11) Pulir soldadura
- 12) Soldar dos soportes de rueda a la base del carro
- 13) Pulir soldadura
- 14) Montar ruedas en los soportes

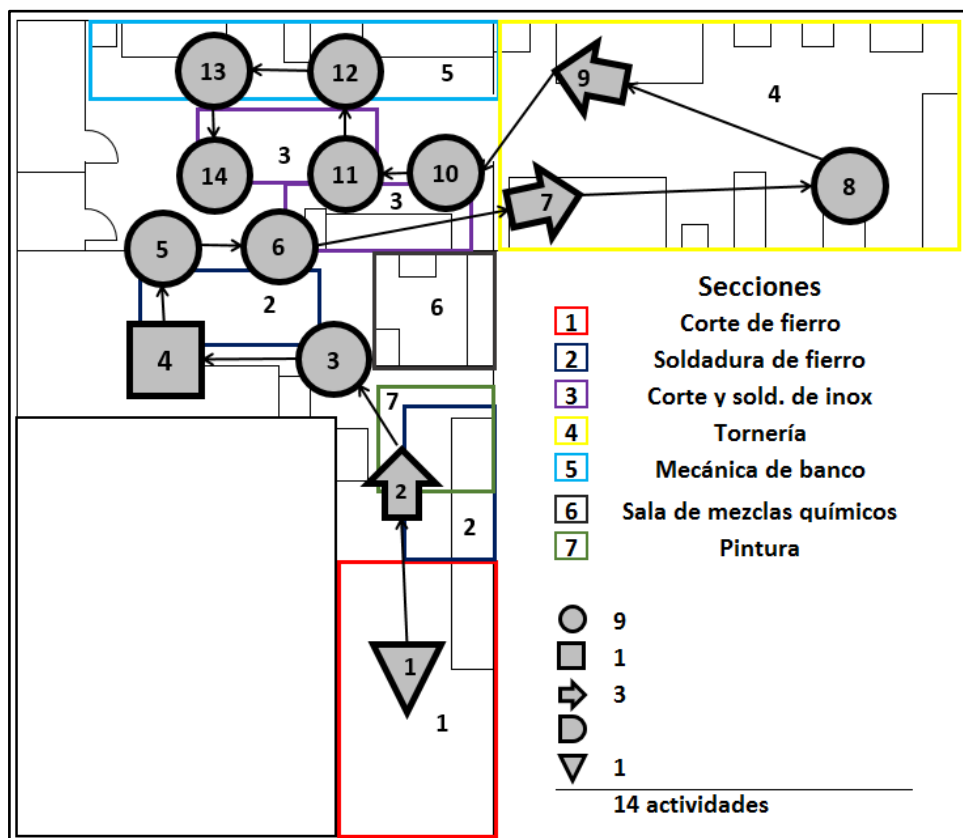


FIGURA 4.9: Diagrama de recorrido de los soportes de las ruedas.

FUENTE: Elaboración propia.

Para la dirección del carro se fabrican discos de acero inoxidable y de plástico, de los cuales los de acero van soldados al manubrio y a la base del carro y los de plástico van al medio. La fabricación de los discos de dirección se detalla en la figura 4.10, cuyas actividades son las siguientes:

- 1) Centro de acopio de los materiales
- 2) Llevar materiales a la sección de corte de acero inoxidable
- 3) Dimensionar y cortar discos de plástico
- 4) Verificar medidas

- 5) Dimensionar y cortar discos de acero
- 6) Verificar medidas
- 7) Llevar discos a tornos, sección de tornería
- 8) Rectificar discos de plásticos y de acero
- 9) Llevar discos a taladro fresador
- 10) Realizar los orificios a los discos
- 11) Llevar discos a sección de soldadura de acero
- 12) Soldar disco de acero a la base del carro
- 13) Sujetar el disco de plástico con el disco de acero mediante una tuerca

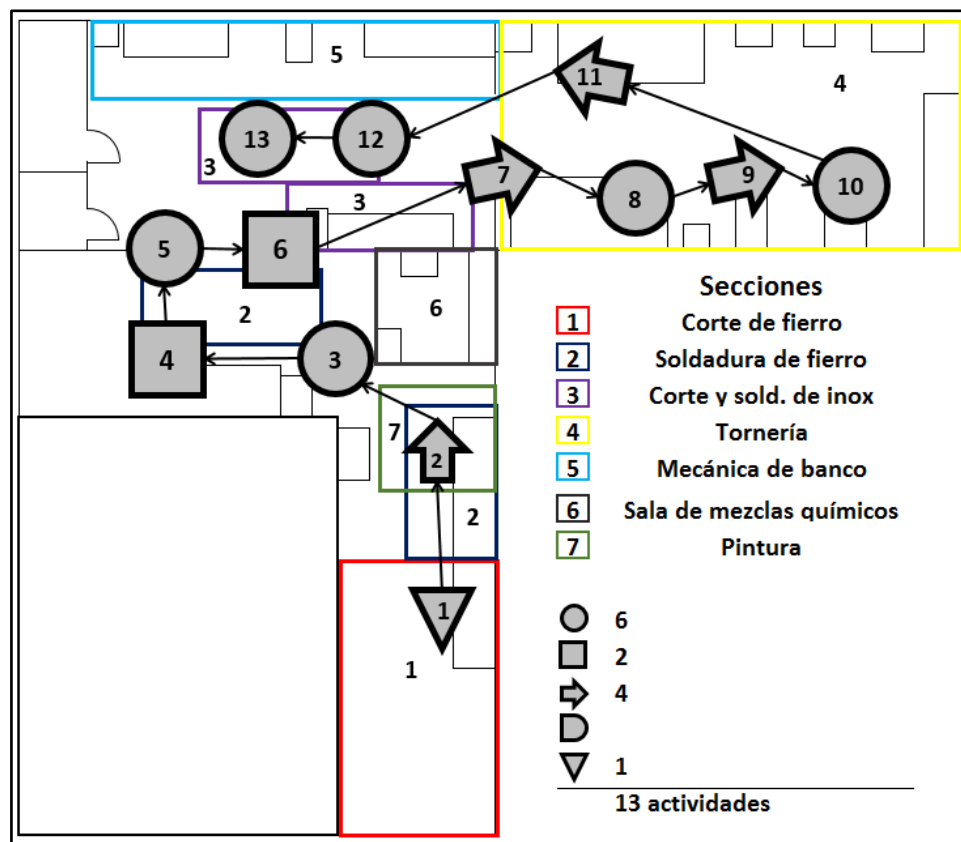


FIGURA 4.10: Diagrama de recorrido de discos de dirección.

FUENTE: Elaboración propia.

El último componente de la base del carro es el manubrio, pieza que se encarga de arrastrar y dar dirección al carro del motor. Las actividades para realizar esta pieza se detallan a continuación, y en la siguiente figura se aprecia el diagrama de recorrido de la pieza:

- 1) Centro de acopio de los materiales
- 2) Llevar materiales a la sección de corte de acero inoxidable
- 3) Dimensionar y cortar perfiles de acero inoxidable

- 4) Verificar medidas
- 5) Pulir los perfiles de acero
- 6) Medir donde realizar orificios en los perfiles
- 7) Llevar perfiles al taladro fresador, sección de tornería
- 8) Realizar orificios a los perfiles
- 9) Llevar perfiles a la sección de soldadura de acero inoxidable
- 10) Soldar los perfiles para formar el manubrio
- 11) Soldar los otros dos soportes de ruedas y el disco de acero
- 12) Pulir soldaduras
- 13) Montar ruedas

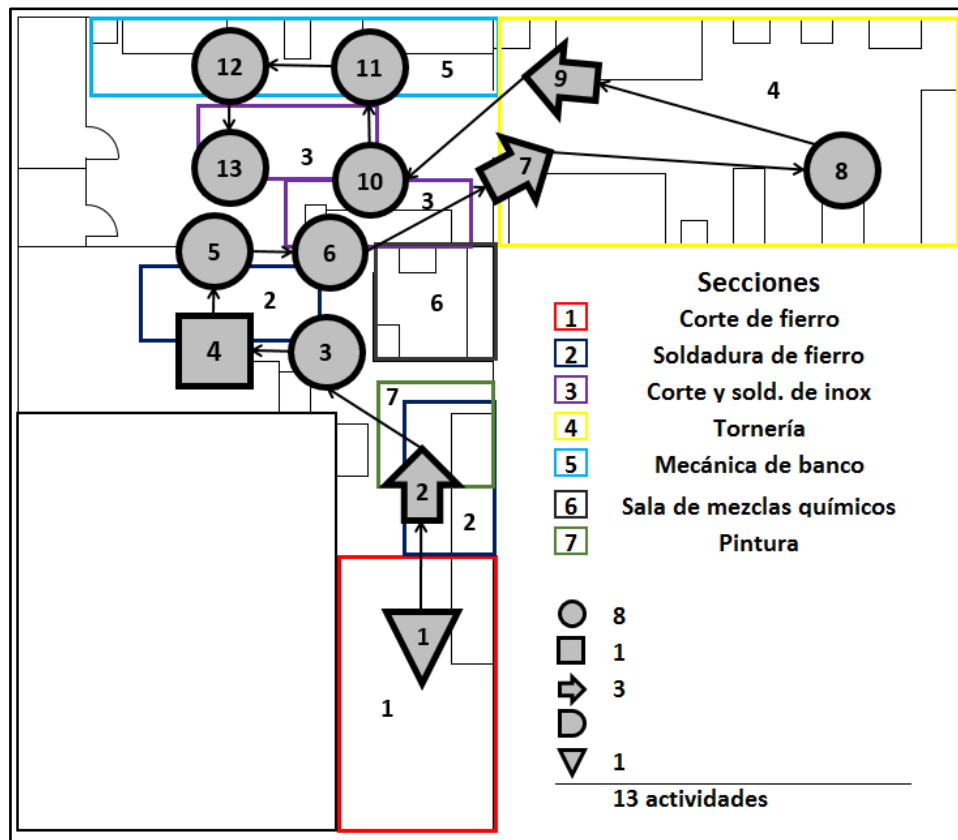


FIGURA 4.11: Diagrama de recorrido de manubrio de carro para motor.

FUENTE: Elaboración propia.

La última pieza del carro para motor de hidrolavadora es la fabricación de una base para el motor, como una especie de pretil, que sirve para contener posibles derrames de líquidos por parte del motor. El proceso de fabricación de esta parte del carro se muestra en la figura 4.12, cuyas actividades son:

- 1) Centro de acopio de los materiales
- 2) Llevar plancha de acero inoxidable a sección de corte de acero inoxidable
- 3) Dimensionar y cortar plancha

- 4) Verificar medidas
- 5) Pulir piezas de acero
- 6) Soldar piezas de acero inoxidable para formar base
- 7) Pulir las soldaduras
- 8) Esperar por la fabricación de las otras piezas

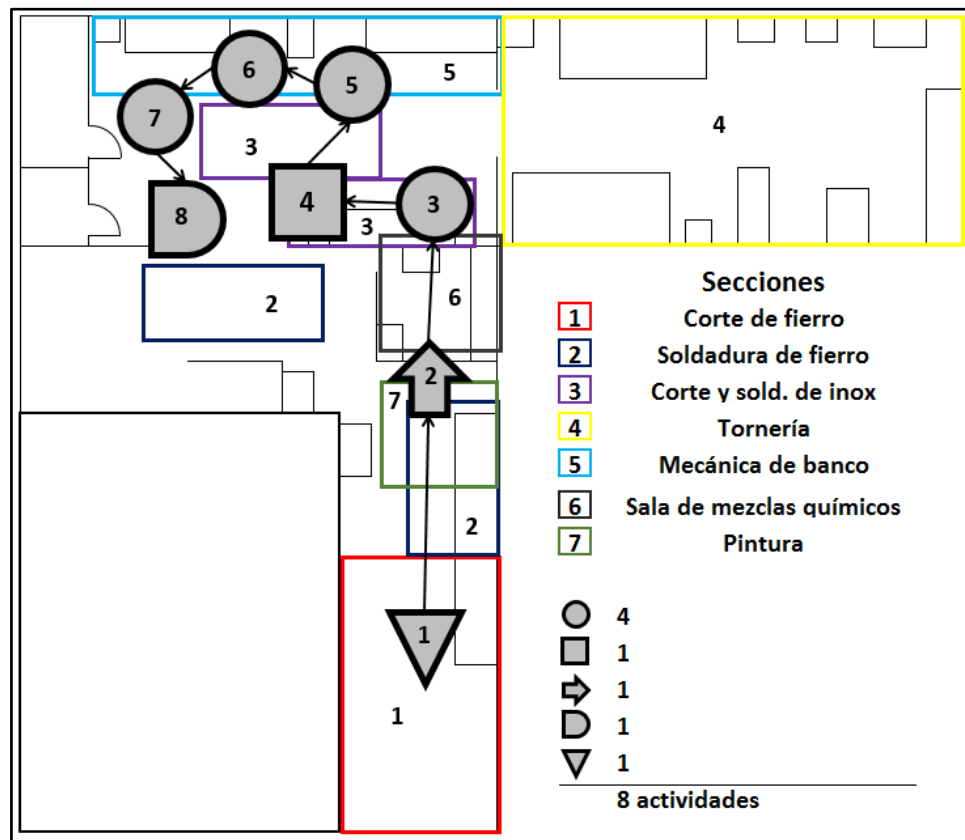


FIGURA 4.12: Diagrama de recorrido de base de motor.

FUENTE: Elaboración propia.

Luego de la fabricación de todas las partes del carro se procede a unir todas estas partes, las cuales se encuentran en la zona de soldadura de acero inoxidable, la secuencia para unir las piezas es la siguiente:

- 1) Unir la base del carro con el manubrio mediante un perno que funciona como eje, el cual permite la movilidad de los discos
- 2) Montar el marco y la base del motor sobre la base del carro
- 3) Montar el motor
- 4) Última inspección
- 5) Sacar medidas donde irán los pernos para sujetar el motor
- 6) Desmontar el motor
- 7) Realizar orificios donde irán los pernos
- 8) Montar motor

- 9) Poner pernos para sujetar motor
- 10) Limpiar el carro para motor de hidrolavadora

En resumen, para la fabricación de un carro para motor de hidrolavadora se realizaron:

- 49 actividades
- 9 inspecciones
- 17 traslados
- 3 demoras
- 1 almacenamiento

Los traslados de materiales necesarios para la elaboración del carro se detallan en la siguiente tabla.

TABLA 4.3: Tabla de traslado de materiales para la confección de carro para motor de hidrolavadora

De	Hacia	Frecuencia
Centro de acopio de materiales	Corte de acero inoxidable	6
Corte de acero inoxidable	Taladro fresador	4
Taladro fresador	Soldadura de acero inoxidable	5
Corte de acero inoxidable	Torno	1
Torno	Taladro fresador	1
TOTAL		17

FUENTE: Elaboración propia.

El siguiente trabajo en estudiar fue “Confección de disco completo”, trabajo que representa un 28,79% de los ingresos por trabajos en maestranza. En la figura 4.13 se mencionan las partes que contiene un disco completo.

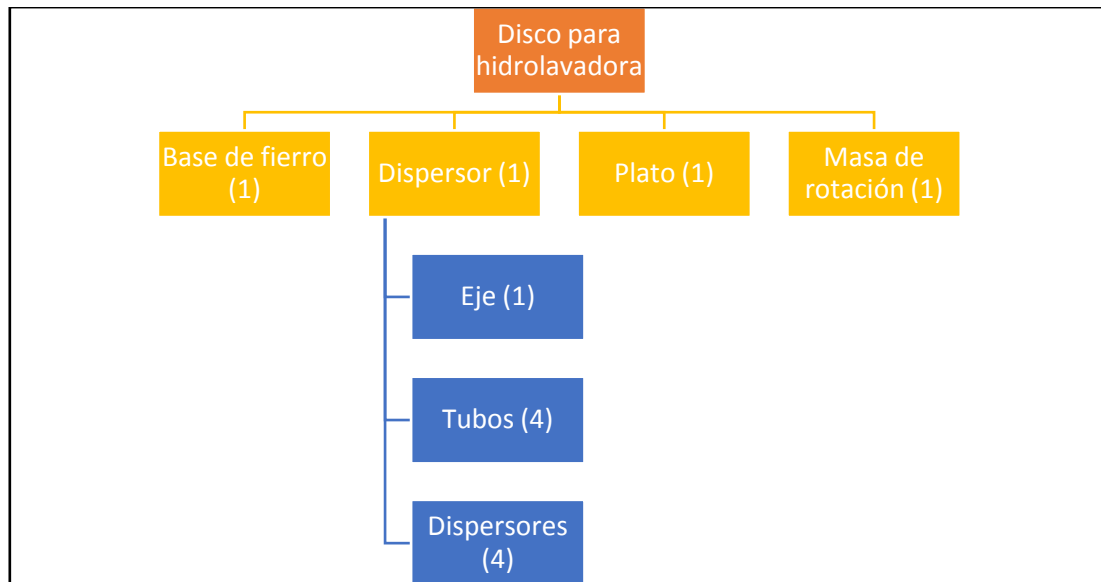


FIGURA 4.13: Partes de disco para hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura 4.14 se muestra el diagrama de recorrido de la pieza base de hierro, cuyas actividades son:

- 1) Centro de acopio de materiales
- 2) Llevar plancha de hierro a corte de hierro
- 3) Cortar hierro mediante corte por plasma
- 4) Llevar pieza de hierro a torno
- 5) Tornear y verificar las medidas
- 6) Realizar hilo al disco en el centro
- 7) Llevar disco a sala de químicos
- 8) Almacenar disco en sala de químicos

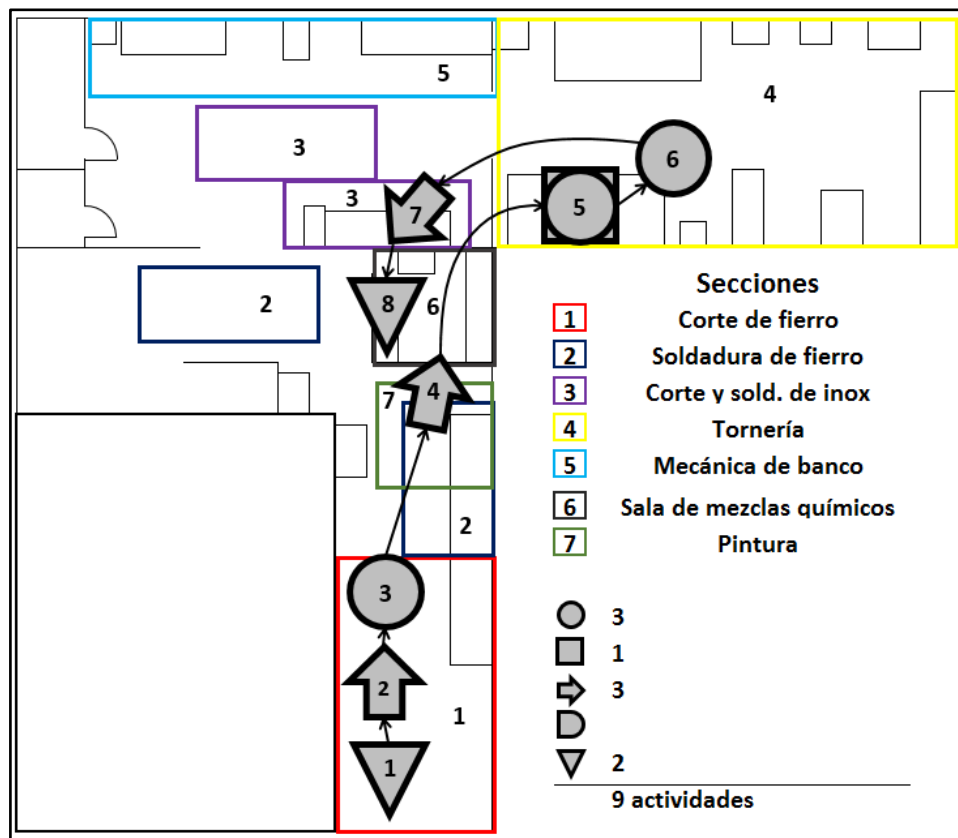


FIGURA 4.14: Diagrama de recorrido de pieza base de disco

FUENTE: Elaboración propia.

El dispersor es la pieza por donde fluye el agua y hace girar el disco para producir el efecto de pulverización del agua. Al proceso de fabricación se puede entender en la figura 4.15, que tiene como actividades las que se mencionan a continuación:

- 1) Centro de acopio de materiales
- 2) Llevar materiales a torno

- 3) Tornear eje del dispersor y dispersores y realizar hilo a los tubos
- 4) Llevar piezas a taladro fresador
- 5) Realizar orificios y detalles a las piezas
- 6) Llevar a mesón
- 7) Verificar medidas de las piezas y corregir
- 8) Unir piezas para formar dispersor
- 9) Llevar a sala de químicos
- 10) Almacenar en sala de químicos

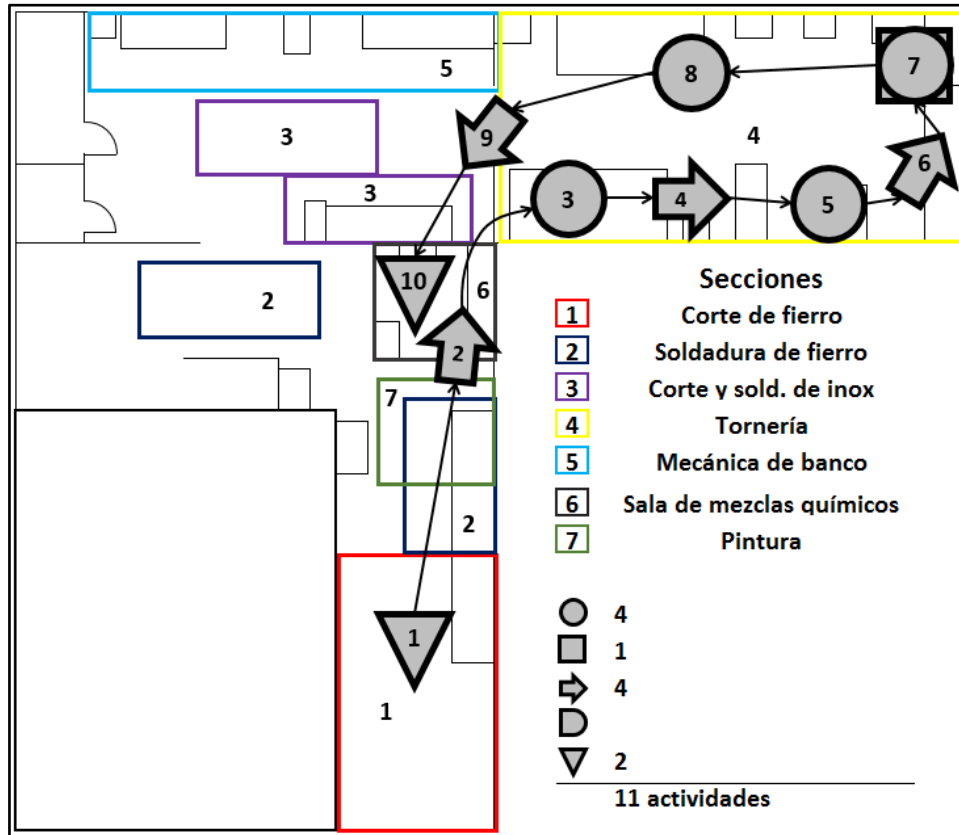


FIGURA 4.15: Diagrama de recorrido de dispersor de disco para hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

La siguiente parte del disco para hidrolavadora es el plato que es quien sostiene al dispersor y va unido a la base de fierro. En la figura 4.16 se muestra el diagrama de recorrido de esta pieza, la cual tiene como actividades las siguientes:

- 1) Centro de acopio de materiales
- 2) Llevar materiales a sección de corte de acero inoxidable
- 3) Cortar plancha de acero inoxidable
- 4) Llevar plancha al torno

- 5) Moldear el plato
- 6) Llevar plato a mecánica de banco
- 7) Realizar orificios al plato para dispersores
- 8) Llevar a sala de químicos
- 9) Almacenar plato en sala de químicos

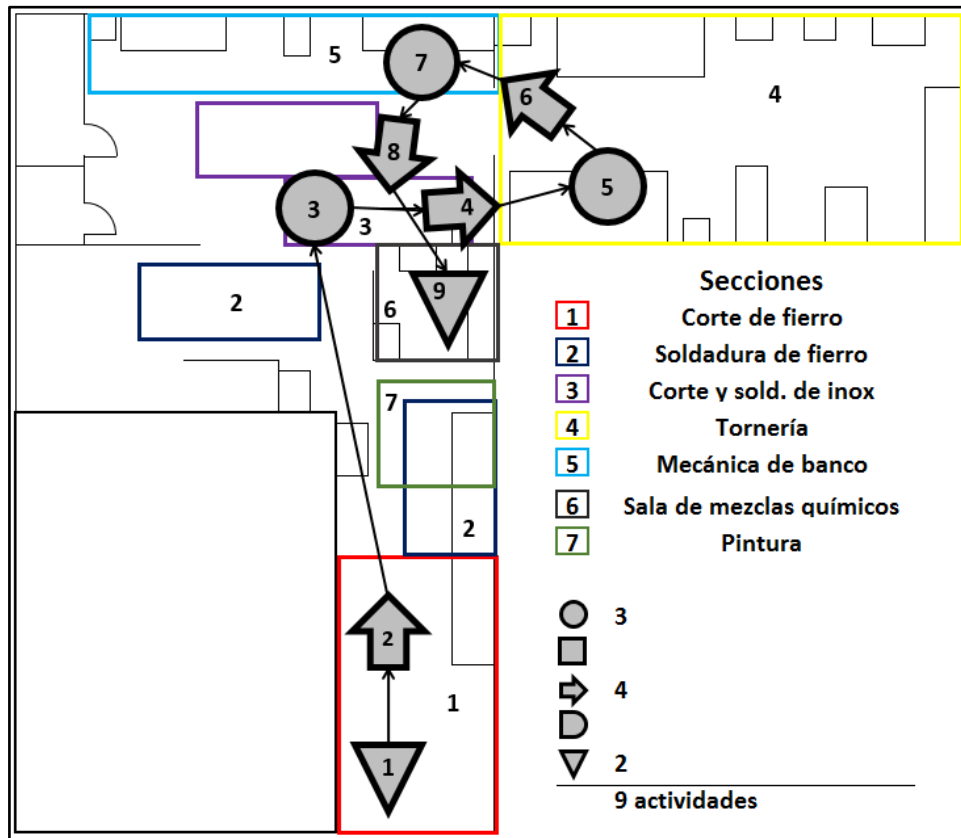


FIGURA 4.16: Diagrama de recorrido de plato para disco de hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

La última pieza del disco para hidrolavadora es la masa de rotación, la cual va atornillada a la base de hierro y hace girar el disco completo. En la siguiente figura se ve el diagrama de recorrido de esta pieza, sólo con las actividades principales, ya que ésta, está compuesta por tres piezas que se confeccionan en la sección de tornería y tienen una serie de pasos para su construcción ya que son piezas complejas y con un alto nivel de precisión. Las actividades principales para realizar estas masas de rotación son las siguientes:

- 1) Centro de acopio de materiales
- 2) Llevar materiales a torno, sección de tornería
- 3) Cortar tubos para realizar las piezas
- 4) Tornear piezas y verificar medidas

-
- Secciones**
- 1 Corte de hierro
 - 2 Soldadura de hierro
 - 3 Corte y sold. de inox
 - 4 Tornería
 - 5 Mecánica de banco
 - 6 Sala de mezclas químicas
 - 7 Pintura
- Actividades**
- 4
 - ◼ 2
 - ➡ 4
 - ◐ 1
 - ▽ 1
- 11 actividades**

FUENTE: Elaboración propia.

- 1) Pegar el dispersor con el plato por la parte interior
- 2) Esperar a que se peguen las piezas
- 3) Hacer mezcla de poliuretano
- 4) Verter mezcla en la parte interior del plato
- 5) Colocar base de fierro sobre el plato
- 6) Apretar con pinzas las piezas
- 7) Esperar a que el poliuretano reaccione completamente

- 8) Sacar pinzas y retirar poliuretano sobrante
- 9) Llevar a zona de pruebas
- 10) Realizar pruebas de masas y discos

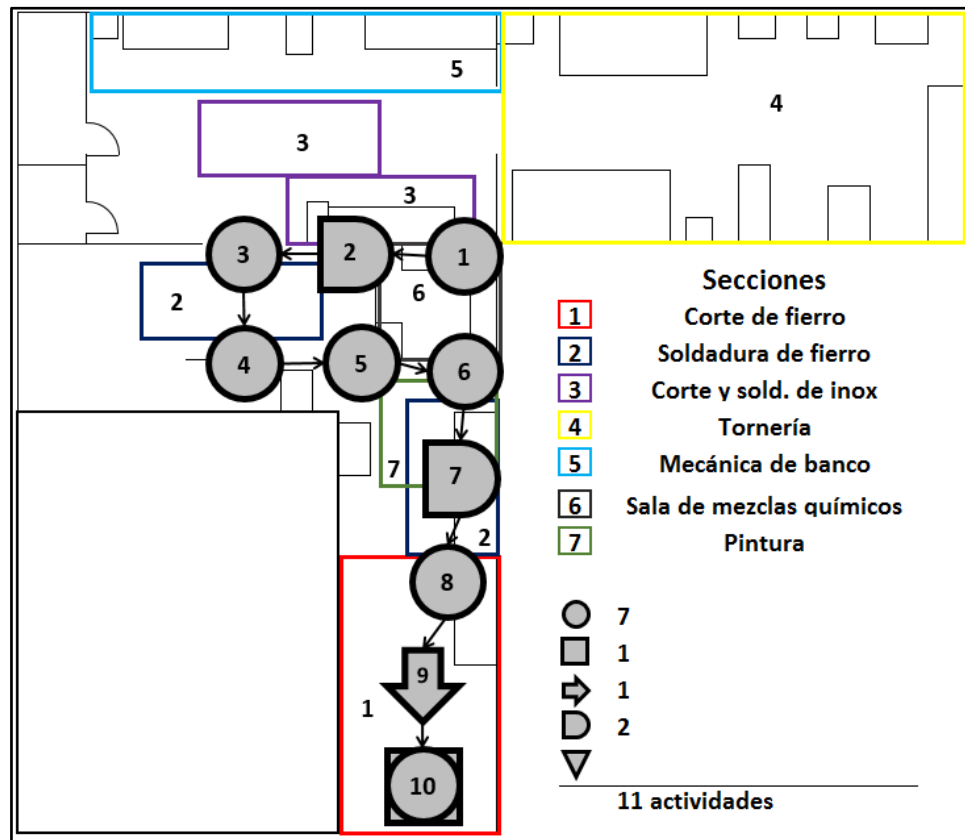


FIGURA 4.18: Diagrama de recorrido de disco para hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

En resumen, para la elaboración de un disco para hidrolavadora se realizaron:

- 21 actividades
- 5 inspecciones
- 16 traslados
- 2 esperas
- 2 puntos de almacenamiento (acopio de materiales y almacenamiento de piezas terminadas en sala de químicos)

Los traslados necesarios de material para realizar los discos para hidrolavadoras se detallan en la siguiente tabla.

TABLA 4.4: Detalles de traslado de materiales para la fabricación de disco para hidrolavadora.

De	Hacia	Frecuencia
Centro de acopio de materiales	Corte de fierro	1
Corte de fierro	Torno	1
Torno	Sala de químicos	1
Centro de acopio de materiales	Torno	2
Torno	Taladro fresador	2
Taladro fresador	Mesón	2
Mesón	Sala de químicos	1
Centro de acopio de materiales	Corte de acero inoxidable	1
Corte de acero inoxidable	Torno	1
Torno	Mecánica de banco	1
Mecánica de banco	Sala de químicos	1
Mesón	Zona de pruebas	1
Sala de químicos	Zona de pruebas	1
TOTAL		16

FUENTE: Elaboración propia.

El último trabajo a estudiar fue “Mantenimiento completa de disco” la cual consiste en la rectificación de la base del disco y el plato, la mantención y ajustes del dispersor y de las masas de rotación. La mantención comienza con la separación de las piezas y la remoción del poliuretano o algún otro similar, las masas de rotación se van directo a la sección de tornería para su revisado. Luego pulir los discos, platos y dispersores son llevados a tornería para rectificado y ajustes varios a las piezas. Una vez hecha la mantención a todas las partes, éstas son unidas y probadas para ver su funcionamiento. Si alguna pieza impide el funcionamiento correcto del disco, ésta se lleva a tornería para su inspección y después se vuelve a probar.

En las siguientes figuras (4.19, 4.20 y 4.21 y 4.22) se muestra el diagrama de recorrido de cada una de las partes del disco y también se muestra el desmontaje y montaje de las piezas de éste. Las actividades de desmontaje, montaje y prueba son las siguientes:

Desmontaje

1. Llevar equipo de mantención, desde recepción a mecánica de banco
2. Desarmar el disco
3. Remover el poliuretano del plato y de la base del disco
4. Separar el dispersor del plato
5. Pular todas las piezas para remover todo el poliuretano

Montaje

6. Pegar dispersor al interior del plato
7. Esperar a que el pegamento se seque
8. Hacer mezcla de poliuretano
9. Verter mezcla en el interior del plato
10. Colocar la base de hierro sobre el plato
11. Apretar con pinzas las piezas
12. Esperar a que el poliuretano reaccione
13. Limpiar restos de poliuretano
14. Llevar a zona de prueba
15. Montar y probar las piezas
16. Llevar a las afueras de sala de químicos
17. Almacenar en estante.

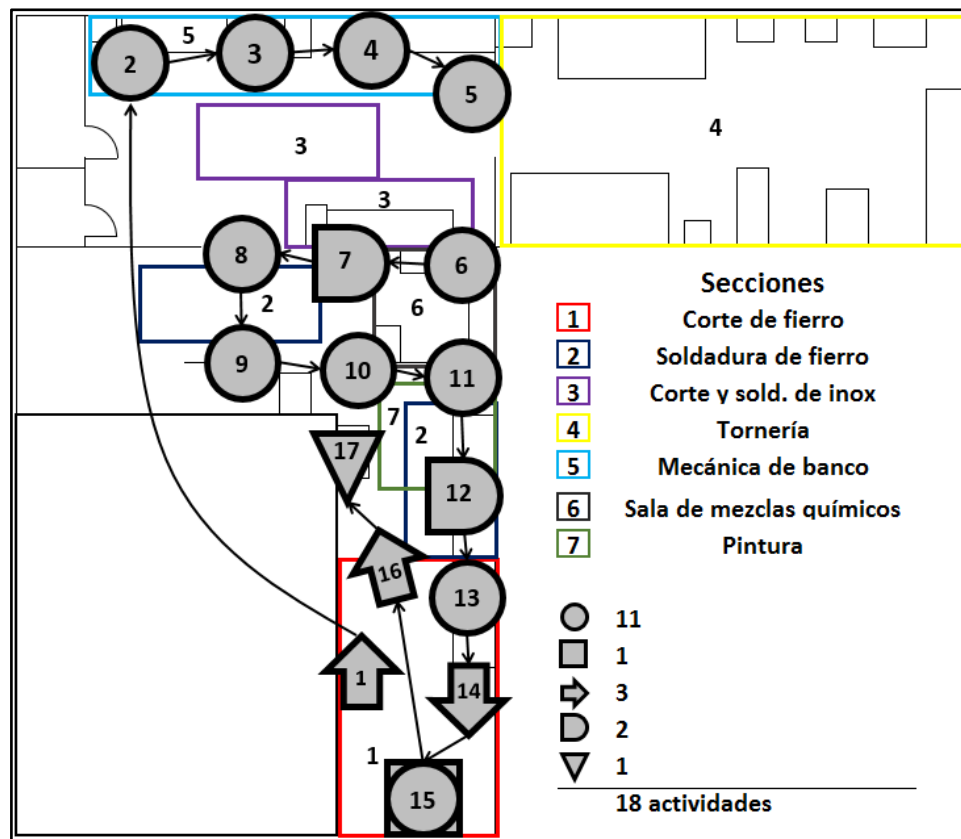


FIGURA 4.19: Diagrama de recorrido del montaje y desmontaje de disco para hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

Las actividades a realizar para la mantención de la base de hierro y del plato siguen un mismo patrón de recorrido y de igual número de actividades. Luego de ser pulidas las piezas son llevadas al torno (1),

En la figura 4.20 se pueden apreciar las actividades anteriormente mencionadas.

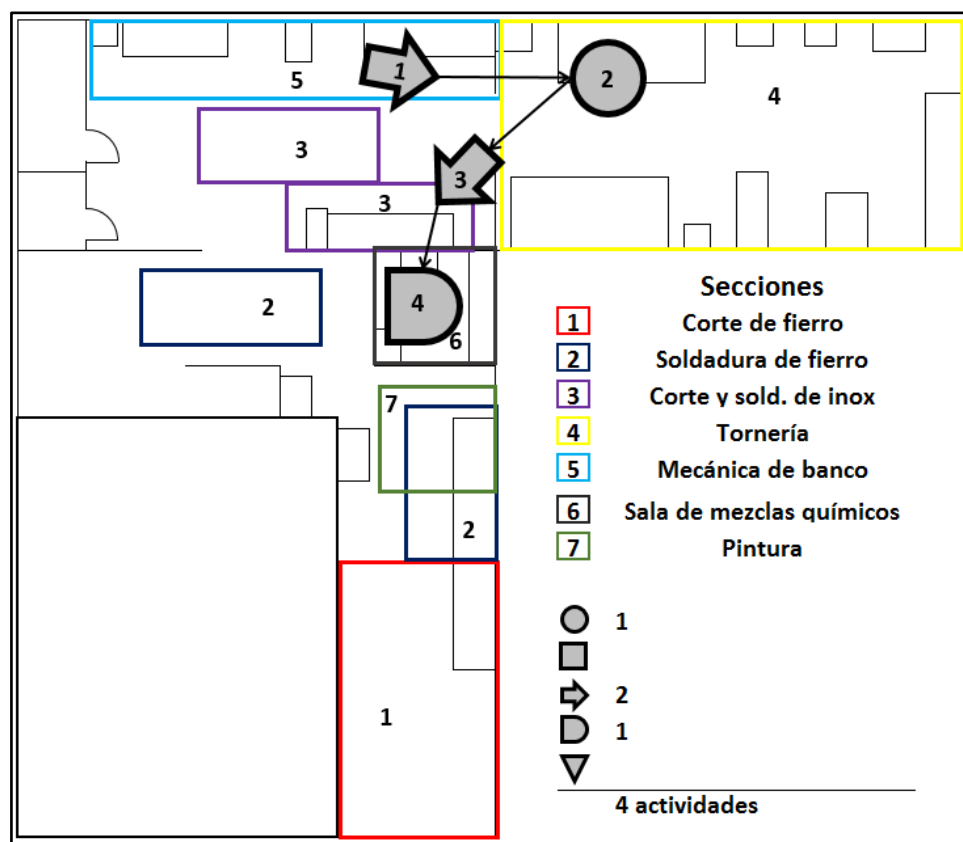


FIGURA 4.20: Diagrama de recorrido de plato y base de disco para hidrolavadora.

FUENTE: Elaboración propia.

Para realizar la mantención de los dispersores (figura 4.21), se deben efectuar las siguientes actividades:

1. Llevar dispersor desde mecánica de banco a mesón de tornería
2. Desarmar dispersor
3. Evaluar el estado de las piezas y separar por tipo
4. Llevar piezas a torno
5. Realizar rectificado y ajustes de piezas
6. Llevar piezas a taladro fresador
7. Realizar detalles a las piezas
8. Llevar a mesón
9. Verificar dimensiones y limar las piezas
10. Armar dispersor
11. Llevar a sala de químicos

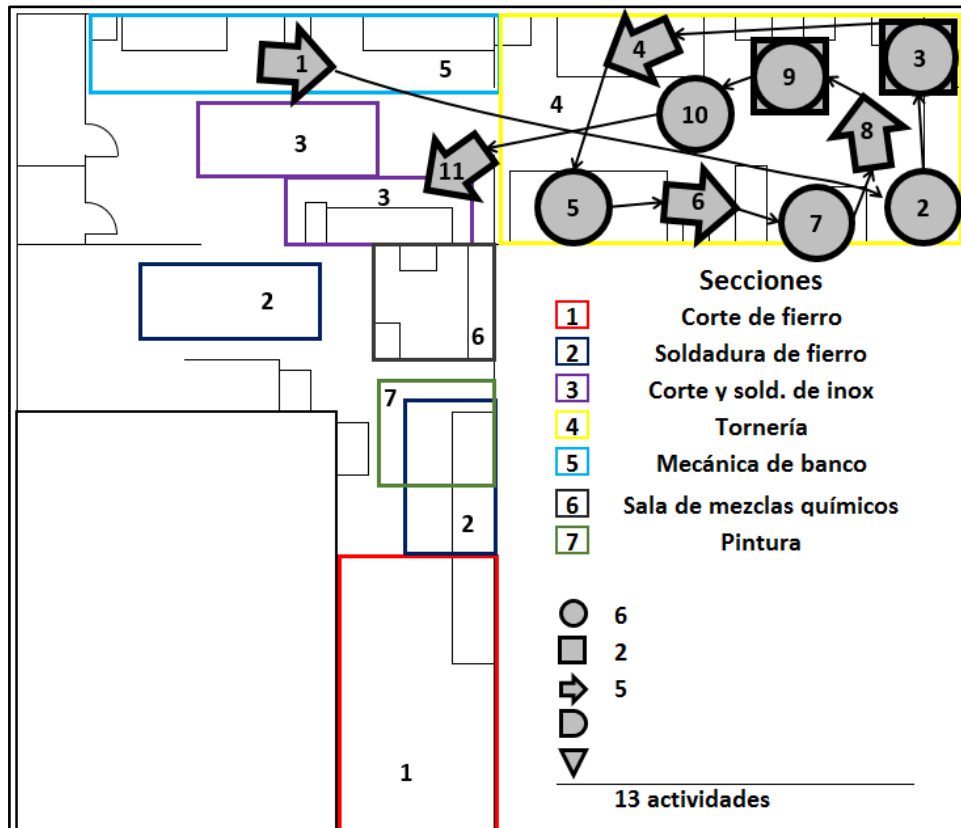


FIGURA 4.21: Diagrama de recorrido del dispersor de agua.

FUENTE: Elaboración propia.

Por último, el recorrido de las piezas dentro de la organización para realizar mantención a las masas de rotación de discos para hidrolavadoras se puede apreciar en la siguiente figura. Las actividades realizadas se mencionan a continuación:

1. Llevar las masas de rotación al mesón de tornería
2. Separar las piezas que conforman la masa de rotación
3. Evaluar y separar las piezas según su nivel de desgaste
4. Llevar piezas en buen estado a tornería
5. Realizar ajustes y rectificado a las piezas
6. Llevar a taladro fresador
7. Realizar ajustes pequeños
8. Llevar al mesón
9. Medir y pulir las piezas hasta la dimensión exacta
10. Unir las partes de la masa
11. Llevar a zona de prueba
12. Montar y probar las piezas

14. Almacenar en esta sección



En resumen, para este trabajo se realizaron las siguientes cantidades de actividades:

- 26 actividades
- 6 inspecciones
- 20 traslados
- 4 esperas
- 2 puntos de almacenamiento (tornería y almacenamiento de piezas terminadas en sala de químicos)

97

TABLA 4.5: Detalles de traslado de materiales para la mantención completa de disco para hidrolavadora.

De	Hacia	Frecuencia
Recepción	Mecánica de banco	1
Sala de químicos	Zona de pruebas	2
Zona de pruebas	Sala de químicos	1
Mecánica de banco	Torno	2
Torno	Sala de químicos	2
Mecánica de banco	Mesón tornería	1
Mesón tornería	Torno	2
Torno	Taladro Fresador	2
Taladro Fresador	Mesón tornería	2
Mesón tornería	Sala de químicos	1
Recepción	Mesón tornería	1
Mesón tornería	Zona de pruebas	2
Zona de pruebas	Estante tornería	1
TOTAL		20

FUENTE: Elaboración propia.

El desarrollo de esta etapa se continuó con un replanteamiento de los departamentos, de las secciones y de los centros de actividad de la organización. En primera instancia se optó por fusionar las dos bodegas que actualmente existen en la empresa, dejando sólo una que albergue todos los equipos, herramientas y materiales que posee de la empresa exceptuando los componentes químicos que se almacenan, como por ejemplo pinturas, aceites, resinas para la fibra de carbono y los componentes necesarios para la obtención de poliuretano, ya que estos irán en una bodega aparte. Ambas bodegas estarán en el área de Operaciones, para facilitar el acceso a los trabajadores que requieran de alguna herramienta o equipos.

La sección de **“Corte y soldadura de acero inoxidable”** también fue modificada respecto de la original, ya que por lo observado durante la realización de trabajos el dimensionado y el pulido del acero se puede realizar perfectamente en un mesón de apoyo con su respectivo tornillo de banco y una máquina tronzadora, como la utilizada en la sección de “Corte de fierro”. El centro de actividad de soldadura quedará destinado sólo a la soldadura de acero inoxidable y se utilizará como base el mesón improvisado que se monta en la actualidad para realizar los trabajos.

También cabe destacar que a cada sección de la empresa se le agregó un estante para guardar herramientas, piezas, instrumentos de medición, etc. que utilizan los operarios en sus labores productivas, como, por ejemplo: conjunto de brocas para taladro, conjunto de fresas para el taladro fresador, pie de metro electrónico, discos de corte, pastas para soldar, entre otras.

Una vez modificados los departamentos y secciones de la empresa, se procedió a calcular la superficie necesaria de cada centro de actividad (máquina, equipos, estante, mesón, entre otros) para poder realizar los trabajos y desplazarse por la empresa sin mayores problemas. Se llevó a cabo el método que plantea la autora (NÚÑEZ, 2014) para calcular la superficie necesaria de cada centro de actividad de la empresa. En el Anexo C, se muestran las áreas que menciona la autora para cada centro de actividad. Además, se muestran las áreas totales de cada sección que corresponden a la suma de sus centros de actividad.

Una vez obtenidas las superficies mínimas necesarias para cada centro de trabajo y el área de cada sección de la empresa, se procedió a ajustar estas las áreas de las secciones, con el fin de evitar problemas en una posible ejecución. Por ejemplo, la sección de “corte de acero inoxidable” da un área mínima de 17,5 [m²], pero al momento de determinar las dimensiones de la sección (ancho y largo), éstas son menores a las dimensiones de las barras y perfiles que se utilizan para realizar los trabajos, por lo que, estas barras y perfiles no entrarían en la sección y sería un poco tedioso desplazarlas por la sección. En el Anexo D se muestra el área teórica obtenida para cada sección y un área real que sería la resultante del ajuste de las dimensiones.

El mínimo de espacio que se requiere para poder realizar las actividades sin problemas es de 305,20[m²], y el espacio disponible que ofrece el galpón para el área de operaciones es de 306 [m²]. A esto hay que sumar un porcentaje de flexibilidad a la superficie mínima pensando que en el futuro se van a adquirir nuevas máquinas y equipos. En la tabla 4.6 se puede ver la superficie mínima necesaria y porcentajes de flexibilidad.

A modo de seguridad y flexibilidad para la distribución, se propone un 40% a la superficie mínima necesaria. Por esta razón se propuso al gerente aumentar la profundidad del nuevo galón a construir, llegando a un consenso de aumentar éste en cinco metros, quedando una nueva medida de 25 metros por 18 metros, resultando un área total de 450 [m²] y modificando la fachada de la nueva instalación. En la siguiente figura se pueden apreciar los cambios realizados, quedando un galpón de 25 x 18 [m] con un área total de 450 [m²], parte de la recepción a los clientes estará dentro del galpón y la otra parte afuera, la parte que estará dentro del galpón ocupa un área de 22,5 [m²] quedando un área operativa de 427,5[m²], y en la figura 2.24 se aprecia el segundo piso.

TABLA 4.6: Superficie mínima y porcentajes de flexibilidad

Área mínima [m ²]	Área mínima + 20% [m ²]	Área mínima + 30% [m ²]	Área mínima + 40% [m ²]	Área mínima + 50% [m ²]
305,20	366,24	396,76	427,28	457,80

FUENTE: Elaboración propia.

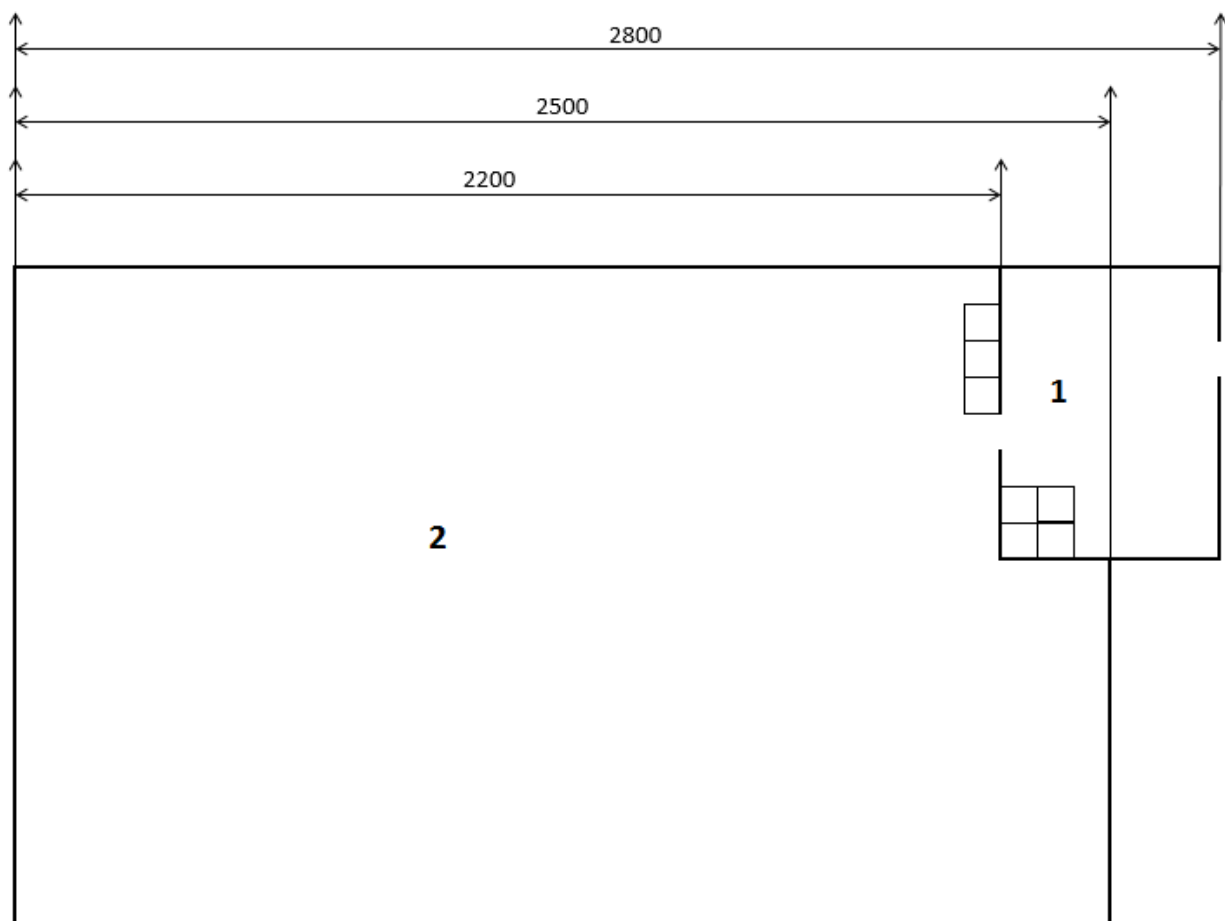


FIGURA 4.23: Nuevo bosquejo de la nueva instalación de la empresa, piso 1.

1: Recepción; 2: Área de operaciones.

FUENTE: Elaboración propia.

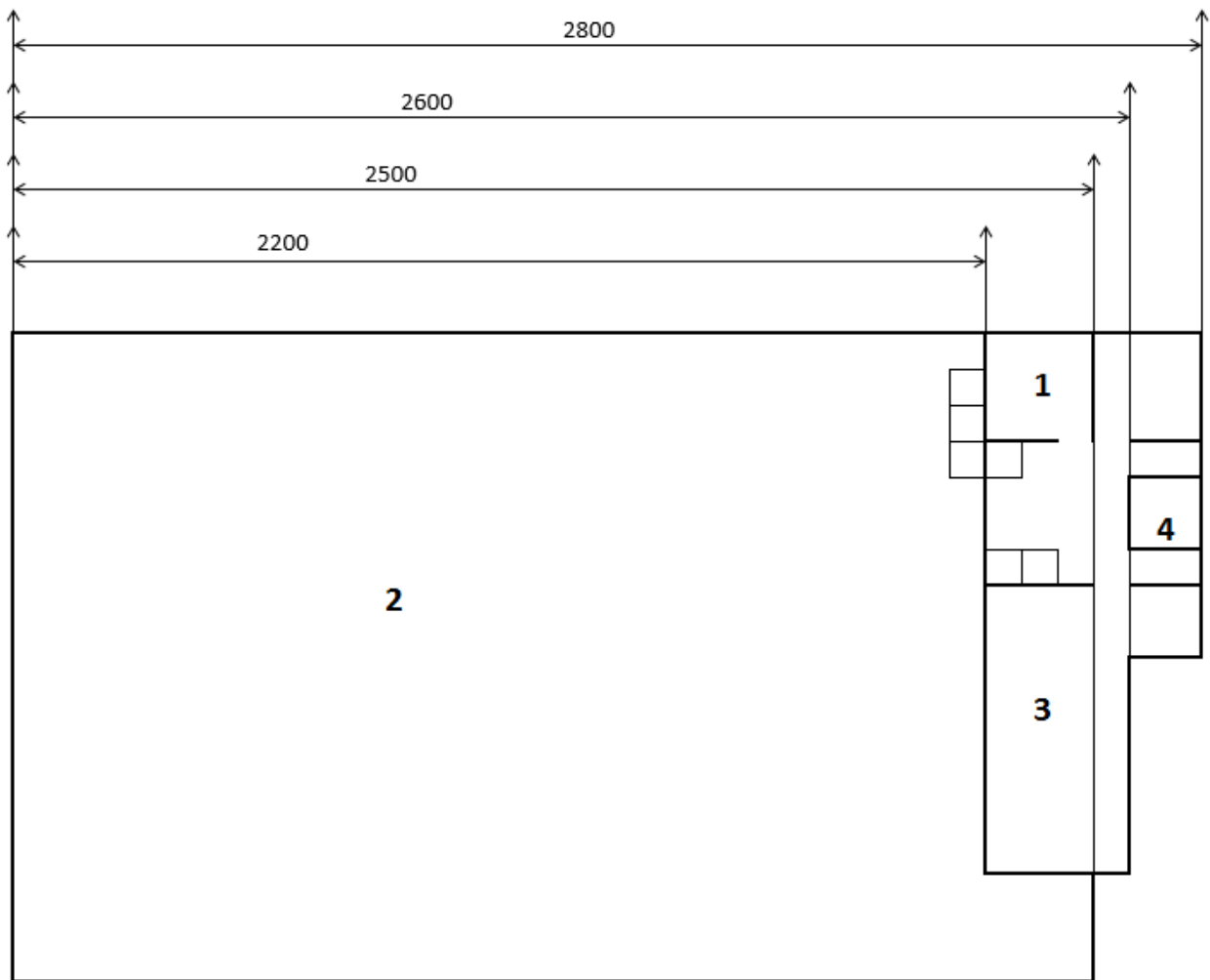


FIGURA 4.24: Nuevo bosquejo de la nueva instalación de la empresa, piso 2.

1: Oficinas; 2: Área de operaciones; 3: Casino; 4: Servicios higiénicos.

FUENTE: Elaboración propia.

Una vez obtenida la superficie mínima necesaria y el área disponible con la que se cuenta, se procedió a realizar el diagrama de relación de actividades. Para poder conformar un diagrama lo más objetivo y real posible, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada (ver Anexo E-L), entrevistando a seis personas de la organización: el gerente, los torneros, los soldadores y un ayudante. No se pudo entrevistar a todos los miembros de la organización, ya que un ayudante estaba con licencia médica, el otro estaba con vacaciones y la secretaria declaró poco conocimiento respecto al funcionamiento de la parte operativa de la empresa.

Dentro de la entrevista efectuada, se compararon las respuestas y se realizó un diagrama final en base a éstas, el cual se puede apreciar en la figura 4.25.

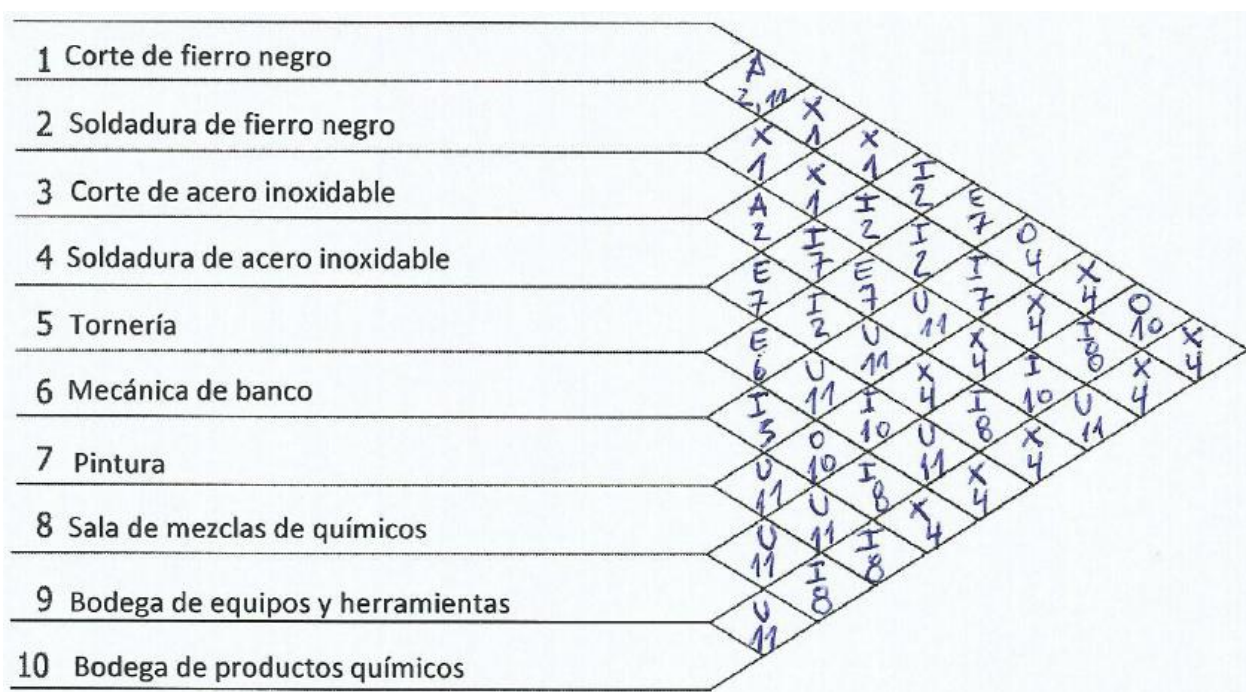


FIGURA 4.25: Diagrama de relación de actividades.

FUENTE: Elaboración propia.

Luego de haber obtenido el diagrama de relaciones entre departamentos (figura 4.25) se procedió a cuadrar las secciones de trabajos de la organización, o sea, mediante prueba y error se fue ajustando el ancho y largo de estas secciones con el fin de obtener secciones de forma regular (cuadráticas) para poder efectuar diversas opciones de layout.

Ya con las medidas de las secciones de la organización y el diagrama de relaciones entre las secciones se generaron dos opciones de layout mediante prueba y error, en donde las secciones con relación de tipo A deben ir juntas y las de tipo "X" deben estar lo más alejadas posibles. En la figura 4.26 y 4.27 se muestran las dos opciones de layout obtenidas con este método.

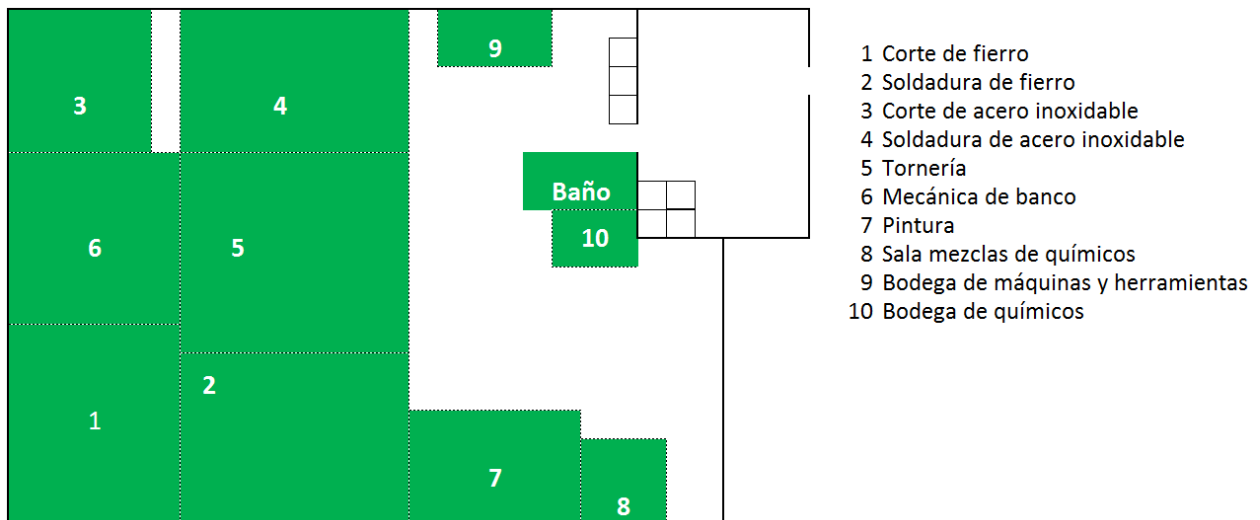


FIGURA 4.26: Opción número uno de distribución mediante SLP.

FUENTE: Elaboración propia.

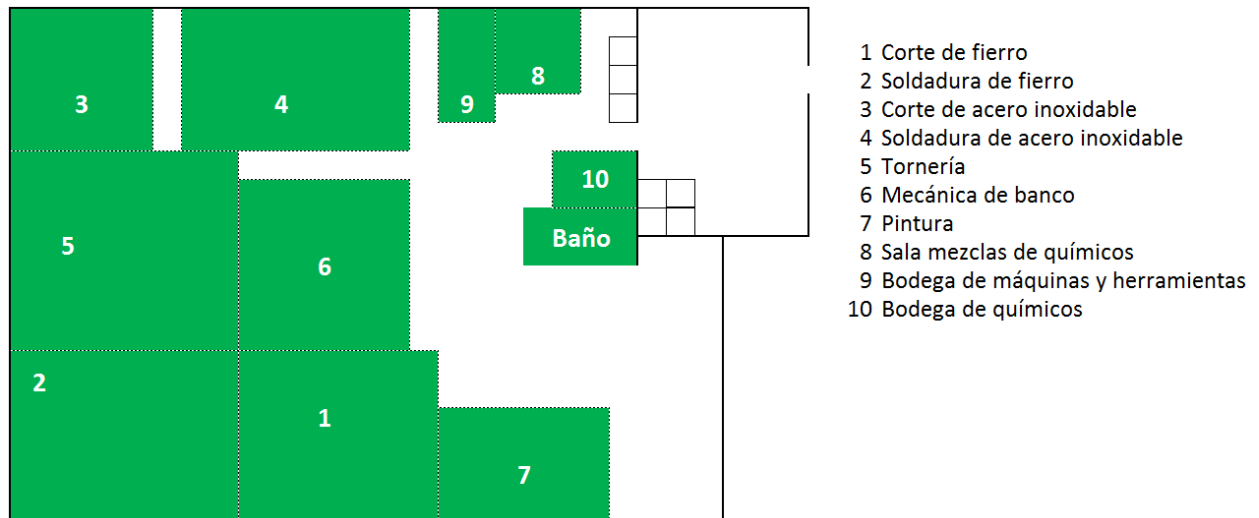


FIGURA 4.27: Opción número dos de distribución mediante SLP.

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.2 Actividad b): Aplicación algoritmo CORELAP

Una vez obtenidas las opciones de layout que se mostraron anteriormente, se procedió a realizar la segunda actividad de esta etapa, la cual fue ejecutar el algoritmo CORELAP, mediante un *software* computacional. En la figura 4.28 se aprecia la ventana de inicio del programa.



FIGURA 4.28: Ventana de inicio software CORELAP 01.

FUENTE: *Software CORELAP 01.*

Luego de iniciado el programa se da clic en el botón “Nuevo” para comenzar un proyecto nuevo. Luego el programa abre una ventana en la cual se ingresa el número de departamentos con los que desea trabajar. Se escriben los nombres de estos departamentos, como también, las áreas de cada uno, la superficie disponible con la que contará la nueva instalación y los pesos numéricos que se les asigna a las relaciones entre departamento. En este caso se ingresaron las secciones con las que va a contar la nueva instalación y sus respectivas áreas que se muestran en el Anexo C (excluyendo los servicios higiénicos), y el tamaño disponible con el que se cuenta, el cual es 414 [m²] obtenido previamente.

Para este primer escenario se utilizaron los pesos numéricos que señala el autor Chase (2009). Los pesos numéricos asignados fueron: “A” =16, “E” =8, “I” = 4, “O” =2, “U” =0, “X” =280. En la figura 4.29 se puede observar la ventana con el planteamiento del problema de acuerdo a la organización en estudio.

CORELAP 01_Planteamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Corte de fierro	42
2	Soldadura de fierro	48
3	Corte de inox.	22,5
4	Soldadura de inox.	40
5	Tornería	59,5
6	Mecánica de banco	39
7	Pintura	23,2
8	Sala mezcla química	9
9	Bod. maq. y herr.	8
10	Bodega químicos	6

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	16
E =	8
I =	4
O =	2
U =	0
X =	280

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

FIGURA 4.29: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 escenario 1.

FUENTE: Software CORELAP 01.

Luego de ingresar los datos requeridos por el programa, se da clic en el botón “CONTINUAR” y aparece una ventana en la cual hay que ingresar las relaciones entre los departamentos obtenidas previamente (ver Figura 4.25: Diagrama de relación de actividades). En la figura 4.30 se aprecia la ventana del programa con las relaciones ingresadas.

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=16, E=8, I=4, O=2, U=0, X=280

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Corte de fierro	42		A	X	X	I	E	O	X	O	X
2	Soldadura de fierro	48			X	X	I	I	I	X	I	X
3	Corte de inox.	22,5				A	I	E	U	X	I	U
4	Soldadura de inox.	40					E	I	U	X	I	X
5	Torneria	59,5						E	U	I	U	X
6	Mecánica de banco	39							I	O	I	X
7	Pintura	23,2								U	U	I
8	Sala mezcla químico	9									U	I
9	Bod. maq. y herr.	8										U
10	Bodega quimicos	6										

FIGURA 4.30: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 con relaciones entre departamentos.

FUENTE: Software CORELAP 01.

Luego de ingresar los datos y hacer clic en el botón “SEGUIR” el programa despliega una ventana con todos los datos ingresados anteriormente (departamentos, superficie y superficie disponible) y el cálculo del TCR de cada departamento (ver figura 4.31).

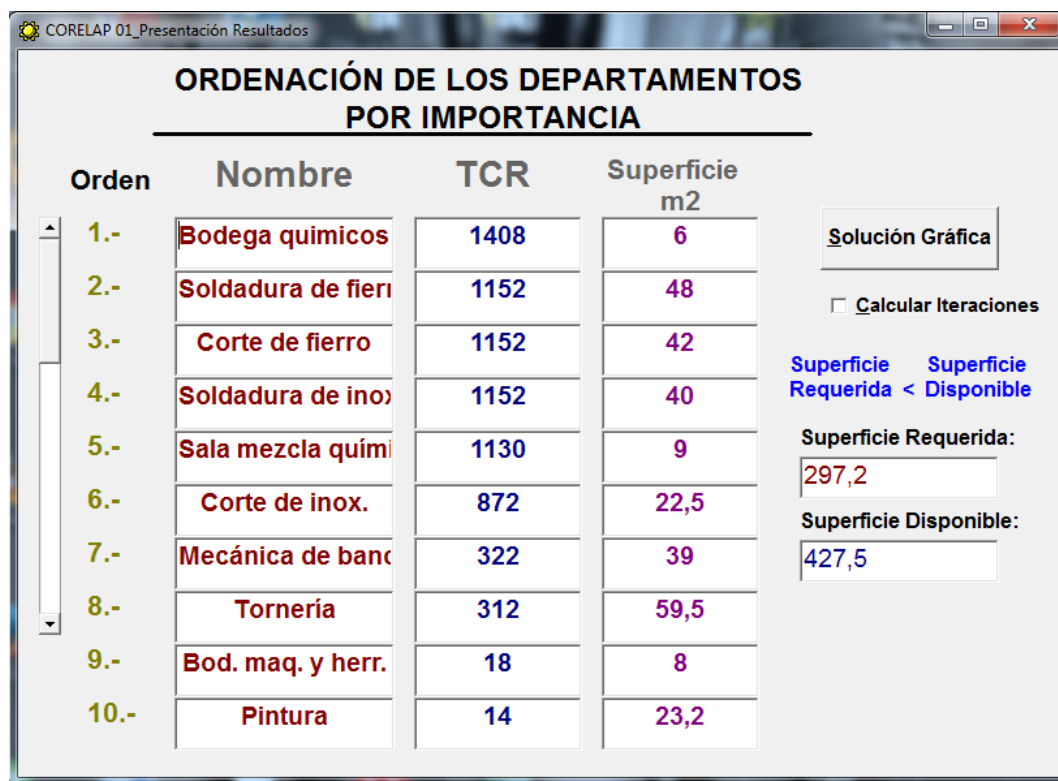


FIGURA 4.31: Ventana “Presentación de resultados” del software CORELAP 01 escenario 1.

FUENTE: Software CORELAP 01.

Ya corroborados los datos ingresados se va clic en el botón “Solución gráfica” y el programa despliega la representación gráfica del layout adecuado para el algoritmo (ver figura 4.32), obteniendo así la opción número uno para el algoritmo CORELAP.

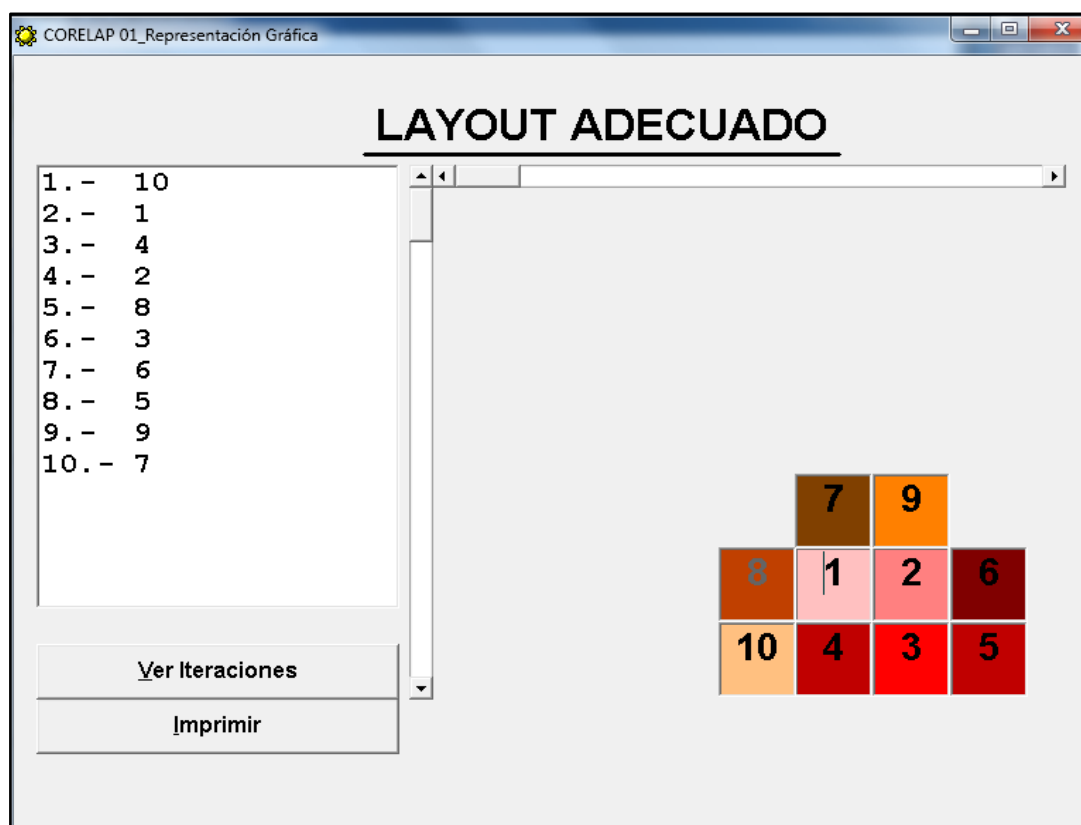


FIGURA 4.32: Ventana “Representación gráfica” del software CORELAP 01 escenario 1.

FUENTE: *Software CORELAP 01.*

Después de conseguida la primera opción, se prosiguió a obtener una segunda alternativa de distribución, cambiando únicamente los valores de los pesos numéricos de las relaciones de actividades. Para este escenario se utilizaron los pesos que propone Segura (2010) los cuales son: A=64; E=16; I=4; O=1; U=0; X=-1024.

Nuevamente se digitan las secciones con sus respectivas áreas, el área total disponible (ver figura 4.33) y las relaciones entre éstas (ver figura 4.34).

CORELAP 01_Plantamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Corte de fierro	42
2	Soldadura de fierro	48
3	Corte de inox.	22,5
4	Soldadura de inox.	40
5	Tornería	59,5
6	Mecánica de banco	39
7	Pintura	23,2
8	Sala mezcla química	9
9	Bod. maq. y herr.	8
10	Bodega químicos	6

Superficie Disponible :

Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.

A =	64
E =	16
I =	4
O =	1
U =	0
X =	-1024

El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

FIGURA 4.33: Ventana "Planteamiento" del software CORELAP 01 escenario 2.

FUENTE: Software CORELAP 01.

CORELAP 01_Planteamiento

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=64, E=16, I=4, O=1, U=0, X=-1024

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Corte de fierro	42		A	X	X	I	E	O	X	O	X
2	Soldadura de fierro	48			X	X	I	I	I	X	I	X
3	Corte de inox.	22,5				A	I	E	U	X	I	U
4	Soldadura de inox.	40					E	I	U	X	I	X
5	Tornería	59,5						E	U	I	U	X
6	Mecánica de banco	39							I	O	I	X
7	Pintura	23,2								U	U	I
8	Sala mezcla química	9									U	I
9	Bod. maq. y herr.	8										U
10	Bodega químicos	6										

FIGURA 4.34: Ventana “Planteamiento” del software CORELAP 01 con relaciones entre departamentos escenario 2.

FUENTE: Software CORELAP 01.

Luego de ingresar nuevamente las relaciones entre departamentos, el programa despliega la ventana “Presentación de resultados” donde se puede apreciar los nuevos TCR para cada departamento ingresado (ver figura 4.35).



FIGURA 4.35: Ventana “Presentación de resultados” del software CORELAP 01 escenario 2.

FUENTE: Software CORELAP 01.

Al dar clic en el botón “Solución gráfica” el programa despliega una ventana con el layout adecuado para este escenario (ver figura 4.36).

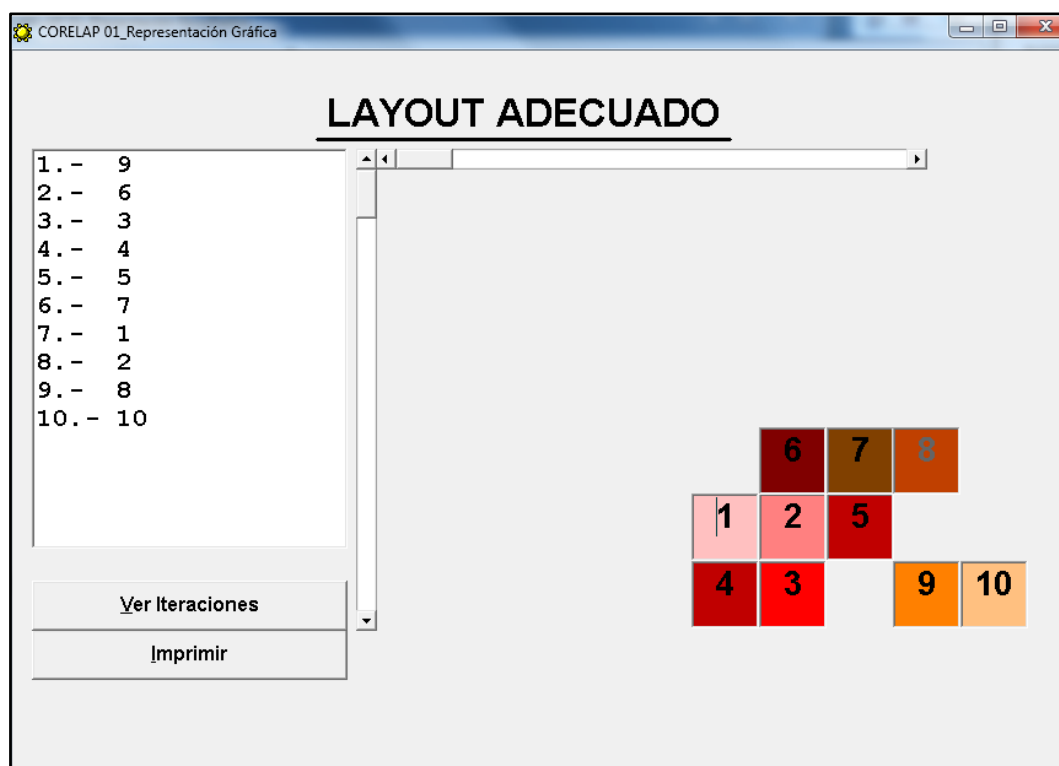


FIGURA 4.36: Ventana “Representación Gráfica” del software CORELAP 01 escenario 2.

FUENTE: Software CORELAP 01.

4.2.3 Actividad c): Aplicación de algoritmo ALDEP

Como última actividad de esta etapa, está la aplicación del algoritmo ALDEP, el cual se realizó de forma manual, ya que no se encontró ni un software que pueda ejecutar este algoritmo. Este algoritmo utiliza como datos de entradas los mismo que el algoritmo CORELAP (diagrama de relaciones entre departamentos, áreas de las secciones de trabajo, valores de las relaciones entre departamentos) y además utiliza el mismo criterio de TCR (*Total Closeness Rating*, o Puntuación total de proximidad), por lo que, para generar la primera opción mediante este algoritmo se utilizaron los mismos datos que para generar la primera opción mediante CORELAP (ver figura 4.29, 4.30 y 4.31).

El procedimiento para generar la primera opción de layout por este método fue el siguiente: se seleccionó la sección con mayor TCR (Bodega de químicos) y se colocó al medio, luego se compararon las relaciones con los otros departamentos ubicando a un lado el departamento con mayor afinidad. En este caso las secciones con mayor afinidad a bodega de químicos es pintura y sala de mezcla de químicos, con relación tipo “I”, al existir un empate en afinidad, este se resuelve comparando los TCR, ubicando la sección con mayor TCR, o sea, la sala de mezclas de químicos. Luego se prosiguió comparando de la misma forma la sala de mezclas de químicos con los otros departamentos, obteniendo así la siguiente

sección, Tornería, que es la sección que mayor afinidad tiene con la sala de mezclas de químicos. El procedimiento siguió de la misma forma, evaluando el último en entrar con los demás departamentos que faltan y en caso de empate de departamentos con misma afinidad, se elige el de mayor TCR. En la siguiente figura se puede apreciar la sucesión de departamentos obtenidos por el algoritmo ALDEP.

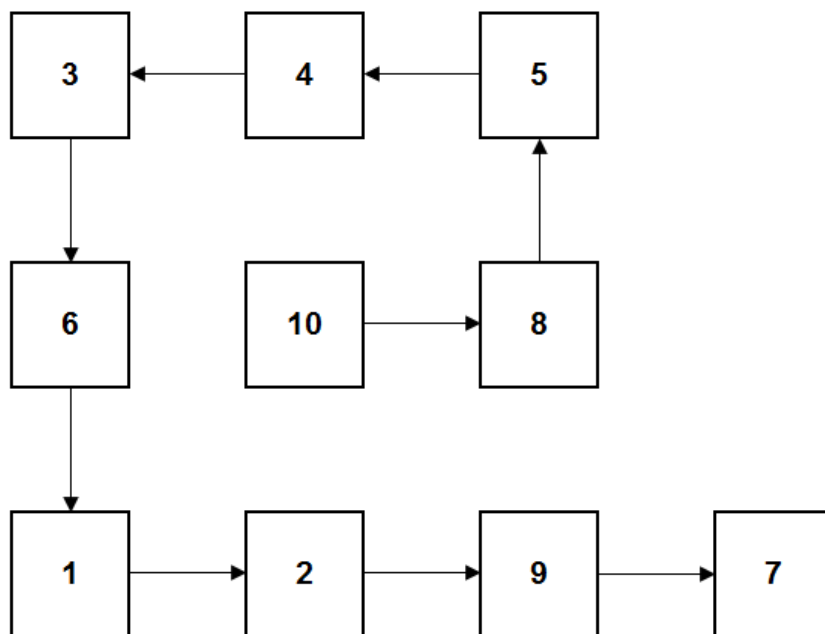


FIGURA 4.37: Orden de los departamentos por medio de algoritmo ALDEP.

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación, se procedió a realizar otra opción por medio de este mismo algoritmo. Los datos de entradas son los mismos que los utilizados para obtener la segunda opción por medio del algoritmo CORELAP, los cuales se pueden ver en las figuras 4.33, 4.34 y 4.35. El procedimiento fue similar al realizado anteriormente, difiriendo sólo en el criterio de la ubicación del primer departamento, el cual fue el de mayor área, en este caso la sección de Tornería. En la figura 4.38 se muestra el orden de las secciones obtenidos por este algoritmo.

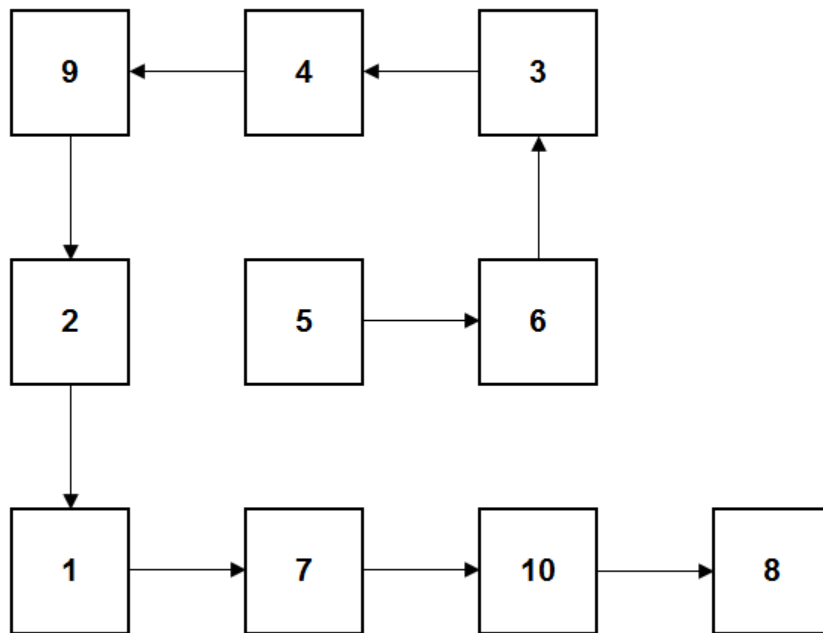


FIGURA 4.38: Orden de los departamentos del segundo escenario por medio de algoritmo ALDEP

FUENTE: Elaboración propia.

4.3 Etapa 3: Determinación de la mejor opción

4.3.1 Actividad a): Consideración de restricciones y otros factores

Antes de evaluar las opciones de distribución que se obtuvieron previamente a través de los algoritmos, se procedió a estandarizar las alternativas, o sea, dar forma a los departamentos, incluir pasillos, entre otros factores que no consideran los algoritmos. En las figuras 4.39 y 4.40 se puede observar las distribuciones obtenidas por SLP mejoradas. En seguida, se procedió a ajustar los layout obtenidos por el algoritmo CORELAP, ajustando su tamaño y forma, y además se agregaron los pasillos (ver figura 4.41 y 4.42). Luego, se hizo lo mismo con el algoritmo ALDEP (ver figura 4.43 y 4.44), en donde los departamentos se fueron ubicando desde la esquina superior izquierda hacia abajo, al igual que la figura 2.10.

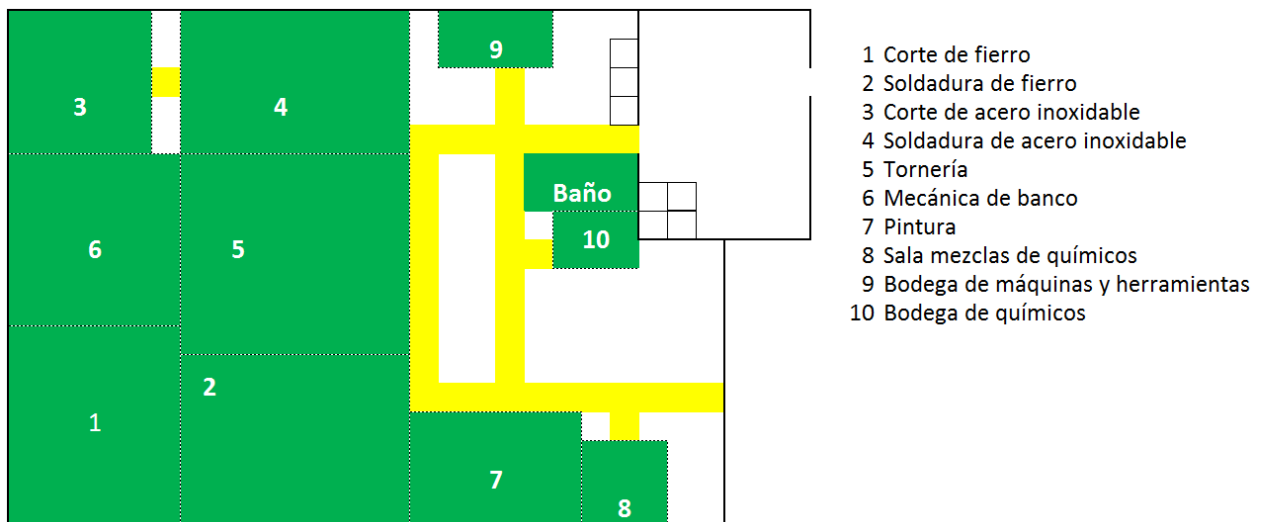


FIGURA 4.39: Alternativa SLP 1 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

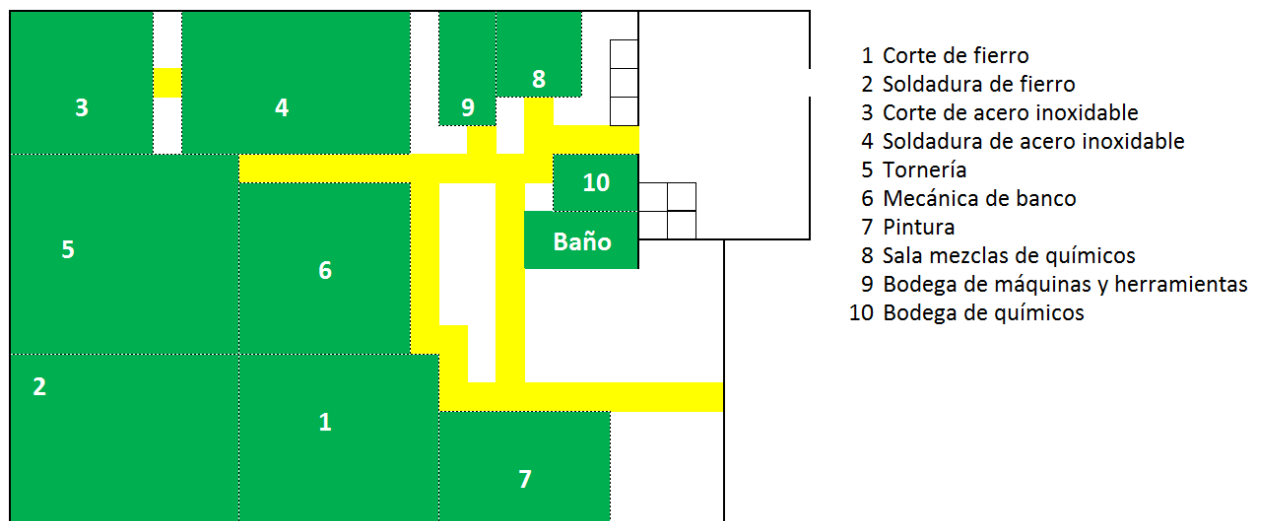


FIGURA 4.40: Alternativa SLP 2 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

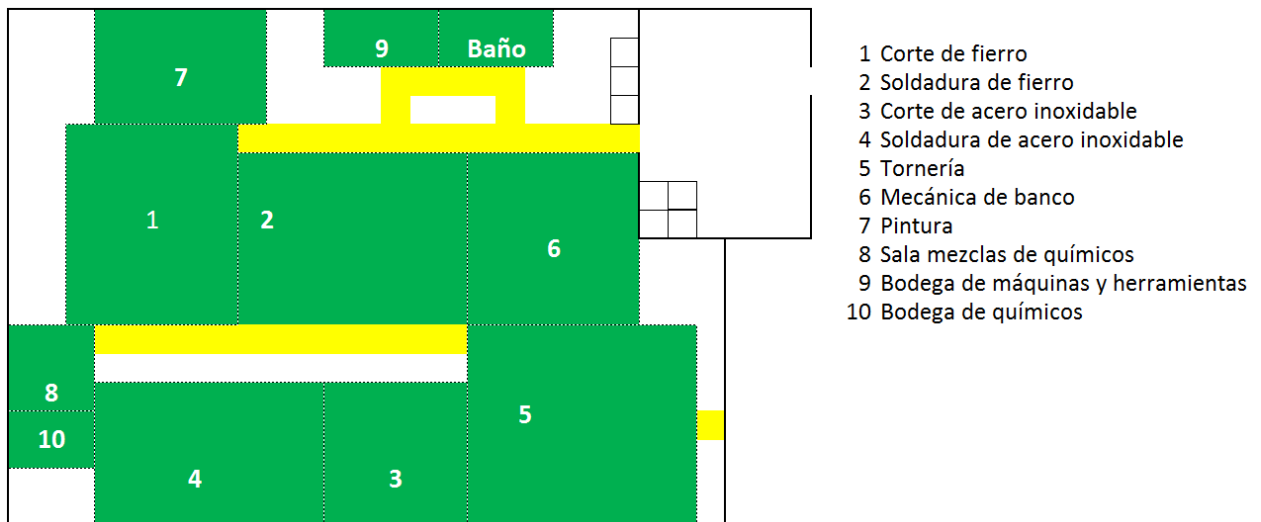


FIGURA 4.41: Alternativa CORELAP 1 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

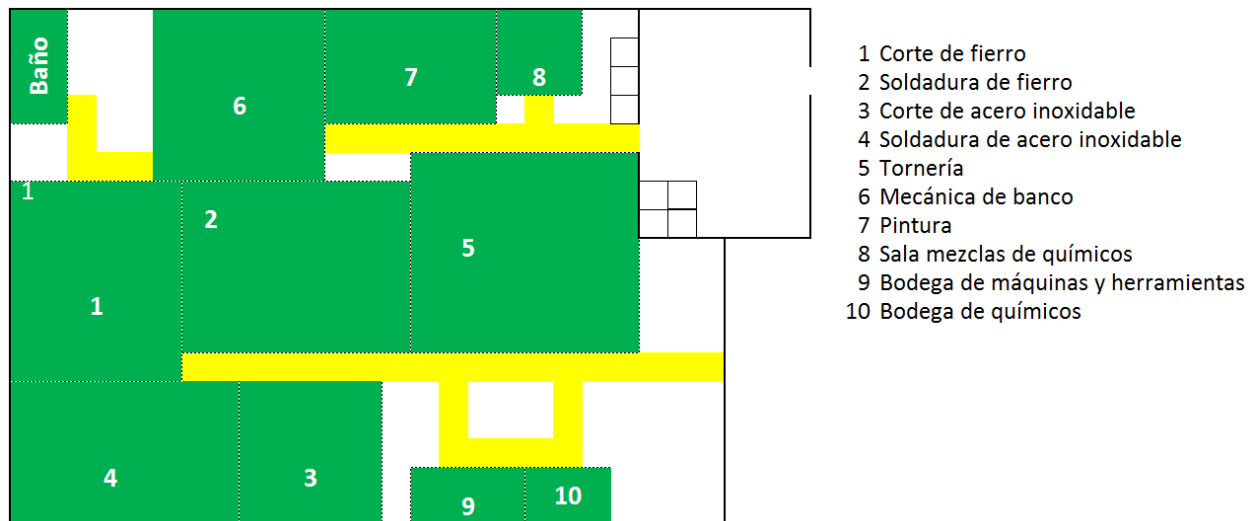


FIGURA 4.42: Alternativa CORELAP 2 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

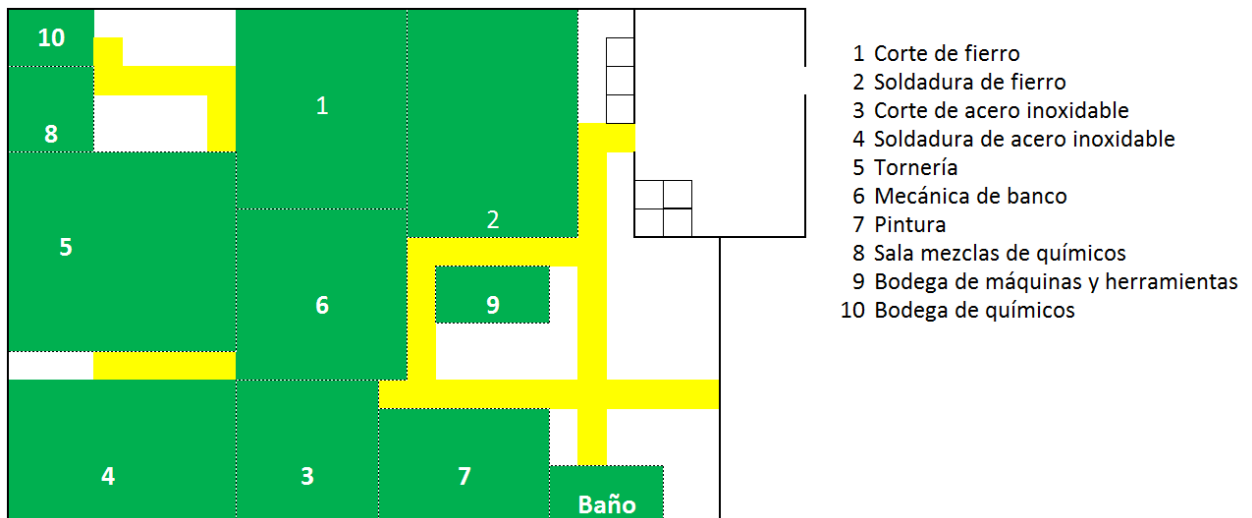


FIGURA 4.43: Alternativa ALDEP 1 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

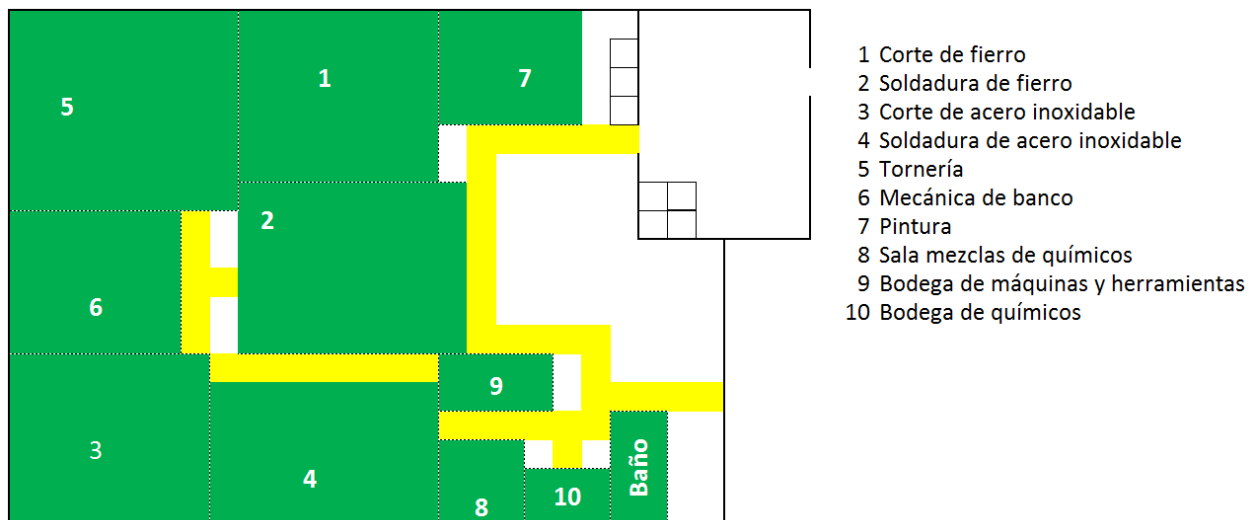


FIGURA 4.44: Alternativa ALDEP 2 mejorada.

FUENTE: Elaboración propia.

4.3.2 Actividad b): Aplicación de herramienta multicriterio

Una vez que las opciones de distribución fueron estandarizadas, se procedió a realizar el método AHP para obtener la mejor alternativa de estas opciones.

El primer paso de este método es el modelamiento jerárquico del problema de decisión, en donde se define el foco del problema, se identifican los criterios y las alternativas a evaluar. Para este caso el foco u objetivo del problema es: Seleccionar una distribución de planta para la empresa MV Construcciones

LTDA que haga un uso eficiente de los factores productivos y brinde seguridad. Luego se definieron los criterios de evaluación, indicadores para criterios cuantitativos y una escala común para todos los criterios. Y por último las alternativas a evaluar son las que se expusieron en la sección anterior.

A continuación, se detallan los criterios empleados:

- Contaminación del producto: Este criterio mide el grado de contaminación que puede llegar a afectar al producto durante su ciclo de producción y almacenamiento. Por ejemplo, los residuos que se producen al cortar hierro pueden corroer en forma leve al acero inoxidable.

TABLA 4.7:Indicadores de nivel de contaminación de los productos.

Nivel de contaminación	Correlativo numérico
Nulo	5
Bajo	4
Medio	3
Alto	2
Excesivo	1

FUENTE: Elaboración propia en base a (PACHECO, 2008).

- Aprovechamiento del área: Este criterio mide el porcentaje de utilización del espacio del área de operaciones de la futura instalación, el cual es el cociente entre el área ocupada (secciones y pasillo) y el área total de operaciones, siendo 0,7 el nivel máximo de eficiencia en la utilización del espacio y mientras más cercano a uno (1,0) menos eficiente.

TABLA 4.8:Indicadores de nivel de aprovechamiento de área.

Nivel de aprovechamiento	Correlativo numérico
0,70 - 0,75	5
0,76 - 0,80	4
0,81 – 0,85	3
0,85 - 0,90	2
0,91 – 1,00	1

FUENTE: Elaboración propia en base a (PACHECO, 2008).

- Flujo de principales trabajos: Este criterio mide la sumatoria de la distancia total que deben recorrer los trabajos, el resultado final es expresado en metros.

TABLA 4.9: Indicadores de nivel de flujo de los principales trabajos

Nivel de flujo	Correlativo numérico
200 - 250	5
251 - 300	4
301 - 350	3
351 - 400	2
401 - 500	1

FUENTE: Elaboración propia en base a (PACHECO, 2008).

- Relación entre actividades: Este criterio mide el cumplimiento de las valoraciones que se otorgaron entre departamentos. Las actividades con valorización “A” deben estar siempre una al lado de otra, las de valorización “E” deben estar en diagonal cómo mínimo y las de valorización “X” lo más alejado posible.

TABLA 4.10: Indicadores de nivel de relación entre actividades

Nivel de relación	Correlativo numérico
Total	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

FUENTE: Elaboración propia en base a (PACHECO, 2008).

- Seguridad de los trabajadores: Mide el grado de seguridad y de contaminación de las diferentes opciones. Por ejemplo, el corte de fierro y soldaduras no pueden estar cerca de la bodega de químicos, ya que se puede producir un incendio.

TABLA 4.11: Indicadores de nivel de seguridad de los trabajadores.

Nivel de seguridad	Correlativo numérico
Total	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

FUENTE: Elaboración propia en base a (PACHECO, 2008).

En seguida, se identificaron las alternativas a evaluar, las cuales son: SLP 1, SLP 2, CORELAP 1, CORELAP 2, ALDEP 1 y ALDEP 2.

El esquema jerárquico del problema (foco, criterios, alternativas) es el que se muestra a continuación:

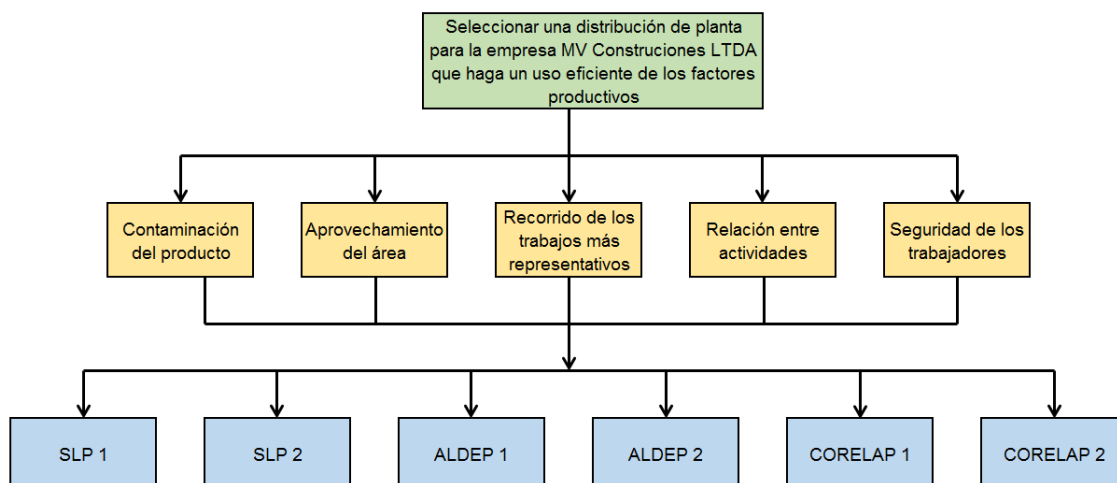


FIGURA 4.45: Esquema jerárquico del problema.

FUENTE: Elaboración propia.

Luego de la construcción del esquema jerárquico se construyó la matriz de prioridades entre criterios, en donde, se compara cada criterio con los demás asignándole una puntuación de 1 a 9 y en otros casos el recíproco a esa relación. Por ejemplo, el criterio de “Contaminación del producto” tiene un valor de 3 por sobre el “Flujo de principales trabajos” o sea que es más significativo. Caso contrario pasa con la relación entre “Contaminación del producto” y “Seguridad de los trabajadores” en donde la seguridad de los trabajadores es más significativa en 3 veces que la contaminación del producto por lo que se escribe como 1/3. En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes calificaciones que se dieron a los criterios.

TABLA 4.12: Prioridades entre criterios.

	Contaminación del producto	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relaciones entre departamentos	Seguridad de los trabajadores
Contaminación del producto	1	2	3	1/3	1/3
Aprovechamiento del área	1/2	1	2	1/2	1/3
Flujo de principales trabajos	1/3	1/2	1	1/3	1/5
Relaciones entre departamentos	3	2	3	1	1
Seguridad de los trabajadores	3	3	5	1	1

FUENTE: Elaboración propia.

A partir de los juicios expresados en la matriz de comparación de criterios, se precedió a calcular las ponderaciones correspondientes a cada criterio. Para simplificar el desarrollo de éste método se transformaron las fracciones a decimales (ver tabla 4.13)

TABLA 4.13: Prioridades entre criterios con valores decimales.

	Contaminación del producto	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relaciones entre departamentos	Seguridad de los trabajadores
Contaminación del producto	1,00	2,00	3,00	0,33	0,33
Aprovechamiento del área	0,50	1,00	2,00	0,50	0,33
Flujo de principales trabajos	0,33	0,50	1,00	0,33	0,20
Relaciones entre departamentos	3,00	2,00	3,00	1,00	1,00
Seguridad de los trabajadores	3,00	3,00	2,00	1,00	1,00

FUENTE: Elaboración propia.

Luego se calcula el cuadrado de la matriz simplificada (ver tabla 4.14) y se suman los elementos para cada fila. Una vez sumado los criterios, se obtiene el final de estas sumas para así obtener la ponderación del criterio. A continuación, se mencionan los criterios y sus ponderaciones:

- Contaminación del producto: 0,16589 (16,59 por ciento).
- Aprovechamiento del área: 0,11819 (11,82 por ciento).
- Flujo de trabajos principales: 0,06891 (6,89 por ciento).
- Relaciones entre departamentos: 0,31790 (31,79 por ciento).
- Seguridad de los trabajadores: 0,32911 (32,91 por ciento).

TABLA 4.14: Cuadrado de matriz de prioridades entre criterios.

	Contaminación del producto	Aprovechamiento del área	Flujo de principales trabajos	Relaciones entre departamentos	Seguridad de los trabajadores
Contaminación del producto	5,00	7,17	12,67	3,00	2,27
Aprovechamiento del área	4,17	5,00	8,67	2,17	1,73
Flujo de principales trabajos	2,52	2,93	5,00	1,23	1,01
Relaciones entre departamentos	11,00	14,50	24,00	5,00	4,27
Seguridad de los trabajadores	12,17	16,50	28,00	6,17	5,00

FUENTE: Elaboración propia.

Luego se verificó la consistencia de los juicios ingresados en la matriz de prioridades entre criterios. Para esto, primeramente, se aplicó la siguiente fórmula:

$$n_{\max} = V \times B \quad (6)$$

Donde:

$n_{\max}$: es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

V: es el vector de prioridades o vectores propios, de la matriz de comparaciones (ponderaciones de criterios).

B: es una matriz fila que corresponde a la suma de los elementos de cada columna de la matriz de comparaciones.

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior, queda:

$$n_{\max} = (7,83 \quad 8,50 \quad 14,00 \quad 3,17 \quad 2,87) \times \begin{pmatrix} 0,15749 \\ 0,11371 \\ 0,06639 \\ 0,30748 \\ 0,35492 \end{pmatrix}$$

$$n_{\max} = 5,12087$$

Con este resultado se puede calcular el Índice de Consistencia (CI):

$$CI = \frac{n_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Donde:

$n_{\max}$: es el máximo valor propio de la matriz de comparaciones a pares.

n: es igual a la cantidad de filas y columnas de la matriz de comparaciones.

Sustituyendo la fórmula anterior, obtenemos:

$$CI = \frac{5,12087 - 5}{5 - 4}$$

$$CI = 0,03022$$

Entonces se define la Relación de consistencia como:

$$RC = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

Donde:

RC: Relación de consistencia.

CI: Índice de consistencia.

RI: Índice aleatorio, que se obtiene de la siguiente tabla según el tamaño de la matriz (tabla 4.15).

TABLA 4.15: Índices aleatorios por tamaño de matriz.

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

FUENTE: Elaboración propia en base de Pacheco (2008).

Así, el índice de Relación de Consistencia (RC) queda de la siguiente forma:

$$RC = \frac{0,03022}{1,12}$$

$$RC = 0,02698$$

$$RC = 2,70\%$$

Es evidencia de un juicio informado una Relación de consistencia menor a 0,1 (10 por ciento), por lo tanto, no es necesario reevaluar los juicios expresados en la matriz de comparaciones, ya que $0,02698 < 0,1$.

Luego de corroborar que los juicios ingresados tienen una alta consistencia, se procedió a evaluar cada alternativa según los criterios e indicadores mencionados anteriormente.

- Alternativa A: ALDEP 1
 - Contaminación del producto: 3

La sección de corte de fierro al no estar en una esquina es más difícil la contención de los agentes contaminantes que ésta produce, los cuales producen pueden llegar a las secciones contiguas, como mecánica de banco y tornería.

- Aprovechamiento del área: 2

Esta alternativa tiene un coeficiente de relación de espacio de 88,89 por ciento, lo cual lo sitúa en el segundo nivel.

- Flujo de trabajos principales: 1

Esta alternativa presenta un total de 422 metros de recorrido de los principales productos.

- Relaciones entre departamentos: 3

No se cumple la relación de tipo “E” entre corte de acero inoxidable y mecánica de banco, la cual establece que los departamentos deben estar juntos y en diagonal. La sección corte de fierro tiene una relación de tipo “X” con sala de mezcla de químicos y con la bodega de químicos, lo que indica que deben estar lo más alejados posibles.

- Seguridad de los trabajadores: 3

Esta alternativa presenta un nivel medio de seguridad, ya que la sección de corte de fierro y la sala de mezcla de químicos y la bodega de químicos deben estar lo más distanciado posible, ya que se puede provocar un incendio o explosión. Además, esta misma sección libera al ambiente un polvillo que es peligroso para la salud de los trabajadores, y que donde está es más difícil controlar.

- Alternativa B: ALDEP 2
 - Contaminación del producto: 2

En esta alternativa la contaminación del producto puede llegar a ser alta ya que la sección de corte de fierro y soldadura de acero inoxidable son aledañas, por lo que es más fácil que el polvillo del corte de fierro pase a la otra sección, corroyendo al acero inoxidable. La sección de pintura limita con corte y soldadura de fierro aumentando las probabilidades de contaminar el producto terminado.

- Aprovechamiento del área: 3

Esta alternativa tiene un coeficiente de relación de espacio de 83,96 por ciento, lo cual lo sitúa en el tercer nivel.

- Flujo de trabajos principales: 1

Esta alternativa presenta un total de 439 metros de recorrido de los principales trabajos.

- Relaciones entre departamentos: 1

El nivel de relaciones entre departamento en esta alternativa es muy bajo, ya que la sección de corte de fierro y soldadura de acero inoxidable están juntas, y entre ellas hay una relación del tipo “X” (no deseable). Además, el corte de fierro también tiene una relación tipo “X” con la sala de mezclas de químicos y la bodega de químicos y en este caso está frente a frente. Tornería y mecánica de banco presentan relaciones del tipo “E” que no se cumplen.

- Seguridad de los trabajadores: 1

El nivel de seguridad es muy bajo, el corte de fierro y la soldadura de acero inoxidable con la sala de químicos o con la bodega de químicos, al estar demasiado cerca pueden producir una explosión o incendio fácilmente. Por otra parte, la sección de corte de fierro está en el centro del galpón, lo que se hace difícil controlar los agentes contaminantes que esta sección emite.

- Alternativa C: CORELAP 1

- Contaminación del producto: 2

La contaminación que puede sufrir el producto es muy elevada, ya que el corte y soldadura de fierro están frente a frente con el corte y soldadura de acero inoxidable. La zona de pintura está contigua a la sección de corte de fierro, pudiendo contaminar el producto final.

- Aprovechamiento del área: 3

Esta alternativa presenta un porcentaje de utilización de espacio de 82,83 por ciento.

- Flujo de trabajos principales: 5

La suma de los trabajos principales es de 246 metros, siendo esta la alternativa con el mejor flujo de trabajos.

- Relaciones entre departamentos: 1

El corte y soldadura de fierro y el corte y soldadura de acero inoxidable tienen relación tipo “X” y en esta alternativa los separa sólo un pasillo. La sala de mezclas de químicos y la bodega de químicos, tienen una relación de tipo “X” con todas las secciones mencionadas anteriormente. Tornería y mecánica de banco presentan relaciones tipo “E” que no se cumplen.

- Seguridad de los trabajadores: 1

El riesgo de una explosión o incendio es alto, debido a la cercanía de la sala de mezclas de químicos y la bodega de químicos con el corte de fierro y la soldadura de acero inoxidable. Por otra parte, en el lugar que se encuentran el corte de acero inoxidable, el corte de fierro y la soldadura de fierro, hace que sea difícil controlar los contaminantes que éstos emiten, pudiendo esparcirse por todo el galpón.

- Alternativa D: CORELAP 2

- Contaminación del producto: 2

La contaminación que puede sufrir el producto es muy elevada, ya que el corte y soldadura de fierro están frente a frente con el corte y soldadura de acero inoxidable.

- Aprovechamiento del área: 2

Esta alternativa presenta un nivel de aprovechamiento de área de 89,27 por ciento.

- Flujo de trabajos principales: 4

La suma de los recorridos de los principales trabajos es de 257 metros.

- Relaciones entre departamentos: 2

El nivel de las relaciones es muy bajo, ya que el corte y soldadura de fierro y el corte y soldadura de acero inoxidable tienen una relación "X" y en esta alternativa están prácticamente juntos. Tornería y mecánica de banco presentan relaciones tipo "E" que no se cumplen.

- Seguridad de los trabajadores: 3

El nivel de seguridad y contaminación es medio, ya que el corte de fierro y de acero inoxidable están en una posición donde es un poco complicado controlar a los contaminantes y la sección de soldadura de fierro está en el medio del galpón, lo cual aumenta la probabilidad de esparcir los agentes contaminantes por toda la instalación, principalmente gases.

- Alternativa E: SLP 1

- Contaminación del producto: 4

En esta alternativa la contaminación que puede llegar a sufrir el producto es muy baja.

- Aprovechamiento del área: 2

Esta alternativa presenta un 86,62 por ciento de aprovechamiento del espacio.

- Flujo de trabajos principales: 2

La suma de los recorridos de los principales trabajos es de 400 metros.

- Relaciones entre departamentos: 4

Las secciones están correctamente distribuidas, cumpliendo con las relaciones asignadas, las relaciones de tipo "A" están juntas y las de tipo "X" lo más alejados posible, sólo no se cumplen algunas relaciones de tipo "I".

- Seguridad de los trabajadores: 5

La seguridad de los trabajadores y la calidad del medio ambiente de trabajo son alta. Las secciones de corte de inoxidable y fierro están en las esquinas, favoreciendo el control de los contaminantes. Los gases que emiten las soldaduras (acero inoxidable y fierro) son más fáciles de controlar al estar apegados a la pared. No existe riesgo de algún incendio o explosión.

- Alternativa F: SLP 2

- Contaminación del producto: 3

Los productos pueden sufrir un nivel medio de contaminación, debido a la sección de corte de fierro que está junto a la sección de pintura, pudiendo contaminar al producto final.

- Aprovechamiento del área: 2

El nivel de utilización del espacio es de un 87, 37 por ciento.

- Flujo de trabajos principales: 1

El recorrido de los principales trabajos que realiza la organización suma un total de 415 metros.

- Relaciones entre departamentos: 4

Las secciones están correctamente distribuidas, cumpliendo con las relaciones asignadas, las relaciones de tipo "A" están juntas y las de tipo "X" lo más alejados posible, sólo no se cumplen algunas relaciones de tipo "I".

- Seguridad de los trabajadores: 4

El nivel de seguridad que presenta esta alternativa es alto ya que no presenta ni un riesgo de incendio o explosión, sólo un poco de contaminación ambiental debido a la sección de corte de fierro, que, por su ubicación, se hace un poco difícil controlar a los agentes contaminantes que esta sección produce.

Una vez que se han evaluado las alternativas según los criterios, se procede a multiplicar los valores obtenidos para cada alternativa con las ponderaciones de los criterios definidos con anterioridad. Luego, estos productos se suman, obteniendo así el ranking de las alternativas (tabla 4.16). En el Anexo M se pueden apreciar los valores dados a las alternativas para cada criterio, la ponderación de los criterios y la multiplicación entre estos.

TABLA 4.16: Ranking de las alternativas de layout.

Alternativa	Nota final	Ranking
ALDEP 1	2,75350	3
ALDEP 2	1,38492	6
CORELAP 1	1,65049	5
CORELAP 2	2,48770	4
SLP 1	3,99471	1
SLP 2	3,41591	2

FUENTE: Elaboración propia.

Como resultado de la aplicación del método AHP, la mejor alternativa de las propuestas evaluadas es la SLP1 con una nota final de 3,95490 y la peor evaluada fue la alternativa ALDEP 2 con 1,40227.

4.4 Etapa 4: Diseño de estaciones y ambiente de trabajo de la organización

4.4.1 Actividad a): Observación directa del ambiente de trabajo

Durante toda la etapa de estudio se observaron las actividades productivas de la organización, como también el ambiente físico en el cual se desarrolla estas actividades, identificando algunos agentes contaminantes producidos por los trabajos y la seguridad de la empresa.

En relación a la actividad de corte de material con disco de corte (tanto el fierro como acero inoxidable), éste produce una especie de polvillo muy fino que se esparce con facilidad por el ambiente, siendo este el principal foco de contaminación del ambiente. Además, el polvillo producido por el corte fierro, al contacto con el acero inoxidable, éste último se corroe de forma leve, pero se percibe con facilidad.

Por otra parte, cuando se suelda fierro se producen gases de un fuerte olor, que se puede sentir por todo el recinto. Cuando se trabaja en el torno se aplican líquidos lubricantes y refrigerantes para que la pieza de corte y el acero no sufran daños. Estos al entrar en contacto con el acero caliente producen gases que van directo a la persona que está operando la máquina.

En la sala de mezclas de químicos se prepara el poliuretano para los discos de lavado de hidrolavadora y últimamente se estaba trabajando con fibra de carbono para algunos trabajos de clientes más exigentes.

Estos dos compuestos producen una serie de gases fuertes que pueden dañar en forma considerable a las personas si no se trabajan adecuadamente.

En la sección de mecánica de banco también se producen contaminantes, pero en menor grado, por ejemplo, cuando se pule algún metal, se liberan algunas partículas, cuando se remueve el poliuretano de los discos de lavado igual se liberan restos.

En cuanto a seguridad, la empresa no cuenta con grandes riesgos, ya que los productos inflamables están guardados en la sala de mezclas de químicos y en la bodega, donde se guardan pinturas, diluyentes, aceites, entre otros. Éstas se encuentran alejados de los trabajos que producen chispas (“**Corte de fierro**”) o que generan demasiado calor (soldadura de acero inoxidable). Debido a esto es que la empresa posee sólo un extintor de fuego.

No obstante, los operarios de los tornos, operan las máquinas sobre unos pallets, ya que los tornos son altos, por lo que no pueden tener una visión clara de la pieza que se está trabajando. Además, en relación a los tornos, estos se encuentran de frente, o sea, los operarios operan de espaldas, impidiendo que se vean entre ellos. Esto presenta un riesgo para los operarios, ya que si se suelta una pieza de un torno le puede llegar a la persona que está atrás. Además, operativamente es ineficiente la posición actual de los tornos, ya que, si un operario está trabajando en uno, no puede ver lo que sucede en el otro torno, debe voltearse para ver, dificultando el trabajo de un operario en los dos tornos.

Actualmente en la empresa, no existe ni un tipo de señalización, ni identificación de productos inflamables, ni salida de emergencia, ni uso de protección personal, desfavoreciendo a la seguridad de la organización.

4.4.2 Actividad b): Entrevistas con los trabajadores

Luego se llevaron a cabo entrevistas abiertas con los operarios (Anexo N) para conocer el grado de contaminación y seguridad que perciben ellos. En estas entrevistas que se sostuvieron con los operarios, se les consultó por los agentes contaminantes y riesgos a los que están expuestos en el lugar donde realizan sus actividades y en el área de operaciones en general. Junto con esto, además, se consultó por el espacio donde realizan sus trabajos, como si son muy chicos los mesones de trabajo o en qué espacio físico se desenvuelve mientras realiza algún tipo de actividad. Además, se realizaron consultas con relación al entorno y las condiciones ambientales en las que trabajan, y también sobre la entrega de equipos de protección personal.

De estas entrevistas se pudo conocer la visión de los trabajadores y sus conceptos de orden y limpieza, ya que para algunos estaba limpio el lugar de trabajo y para otros no, como además el espacio que se necesita para poder realizar de buena forma una actividad y para que las máquinas puedan ser mantenidas sin ser movidas.

Además, se pudo corroborar lo que se había observado en lo que se refiere a contaminación y seguridad, y se descubrieron nuevos agentes contaminantes, como, por ejemplo, cuando se rectifica un disco se liberan restos de óxido y de acero. También cuando se realizan trabajos como pulir, cortar con galleta o afilar alguna herramienta o pieza en el esmeril se liberan partículas.

Así mismo, se corroboró que todos los operarios poseen artículos de protección personal otorgados por la empresa, los cuales son: zapatos, overol, caretas para soldar, protectores auditivos, guantes, antiparras, entre otros.

4.4.3 Actividad c): Establecimiento de elementos de seguridad y de ergonomía ambiental

Con estos antecedentes recopilados más la opinión del gerente, se procedió a realizar algunas propuestas de seguridad y ergonomía ambiental para la futura instalación de la organización, acorde a lo que exige las leyes y las normas chilenas.

a) Elementos de seguridad y señalización.

En este contexto se agregaron señalizaciones de advertencia, de prohibición, de obligación, indicativas y de salvamento. Por ejemplo, se debe utilizar una señal de “advertencia de riesgo eléctrico” en el o los tableros eléctricos, una señal de advertencia de “sustancias o materias inflamables” en las bodegas donde se almacenen aceites, pintura, disolventes, entre otros, una señalización de “advertencia de gas comprimido” en las zonas donde se suelda y donde se corta fierro a través de oxicorte y una señal de advertencia de “peligro de atrapamiento” en la zona de “Tornería”, específicamente en los tornos. Al mismo tiempo, se cambió el pallet que se utiliza como base para los operarios por una base rígida y anclada al piso.

Asimismo, se agregaron señales de prohibición, como, “prohibido fumar” ya que puede producir un incendio o una explosión o “prohibido pasar” para personas ajenas a la organización.

Por otra parte, se añadieron señales de obligación para todos los operarios, como, el “Uso obligatorio de zapatos de seguridad” y el “uso obligatorio de overol” en la entrada del galpón, como también en las diferentes zonas de trabajo. Por ejemplo, en la zona de “Corte de fierro” y “Corte de acero inoxidable” se adicionaron señales que obliguen el uso de caretas y guantes, al igual que en las zonas de soldadura. En la sección de “Pintura”, al igual que en la “Sala de mezclas de químicos”, se agregaron señaléticas de uso obligatorio de mascarilla y de traje protector para poder realizar las actividades.

En cuanto a las señales indicativas y de salvamento, se utilizaron señales para indicar las “salidas de emergencias”, el acceso a los “primeros auxilios”, y para la ubicación de los extintores.

En relación al número de extintores en la tabla 4.17 se puede observar el número de extintores para cada tipo de extintor.

TABLA 4.17: Número de extintores necesarios.

Tipo de extintor	Cantidad de extintores	Distancia máxima de trabajo del extintor
4A	3	9
6A	2	11
10A	2	13
20A	2	15

FUENTE: Elaboración propia.

b) Control de polvo y gases.

Con el fin de controlar la dispersión de los agentes contaminantes producidos por el corte de fierro y acero inoxidable (polvo) existen captores de polvo que se utilizan en el punto de origen de tal forma que el contaminante no invada la zona de respiración del trabajador. En la figura 4.46 y 4.47 se pueden apreciar diferentes tipos de captores, donde el primero es fijo y el segundo es variable, utilizado en los casos donde la fuente emisora se sitúa en diversos puntos.



FIGURA 4.46: Ejemplo de un captor de polvo fijo.

FUENTE: www.ambitec.cl



FIGURA 4.47: Ejemplo de un captor móvil.

FUENTE: www.ambitec.cl

Para controlar el humo de las soldaduras, y evitar su dispersión por el lugar de trabajo, también existen captores de humo (figura 4.48), el cual se puede adecuar de posición de forma tal de captar el humo desde el punto de origen.



FIGURA 4.48: Ejemplo de extracción de humos de soldadura

FUENTE: www.ambitec.cl

Otra opción, pero menos eficiente en el control de contaminantes es la implementación de una lona con el fin de separar las secciones de **“Corte de fierro”**, **“Corte de acero inoxidable”**, **“Soldadura de fierro”** y **“Soldadura de acero inoxidable”**, si bien esto permite que los contaminantes no se dispersen por las instalaciones, no pone fin al problema de contaminación, sólo lo concentra en un área.

Para la extracción del aire que se produce en la sala de mezclas de químicos, se utilizará un extractor para que los gases que se liberan durante la preparación de las mezclas se vayan al exterior y no queden confinados en la sala, ni salgan al exterior de la sala (galpón). Además, como se mencionó anteriormente, el uso de máscara de gas es obligatorio para toda persona que realice trabajos en esta sección, con el objetivo de no aspirar los gases emanados de las reacciones químicas que se llevan a cabo en ésta.

c) Control de ruido.

Como no se puede aislar el ruido de los operarios, ya que las máquinas y equipos son las principales fuentes sonoras del área de operaciones y los operarios interactúan de forma directa con estas máquinas y equipos, y en las encuestas abiertas con los operarios algunos comentaron que si hay algunas actividades que producen ruidos molestos, se midieron los decibeles de algunas actividades productivas a través de una aplicación de celular, con la finalidad de conocer el nivel de ruido en las diferentes secciones de la organización al que están sometidos los trabajadores en sus actividades diarias.

En las siguientes figuras se pueden observar los decibeles emitidos por el rectificado de un disco (figura 4.49), el corte de fierro con tronzadora (figura 4.50), el corte con disco de acero inoxidable, entre otros.

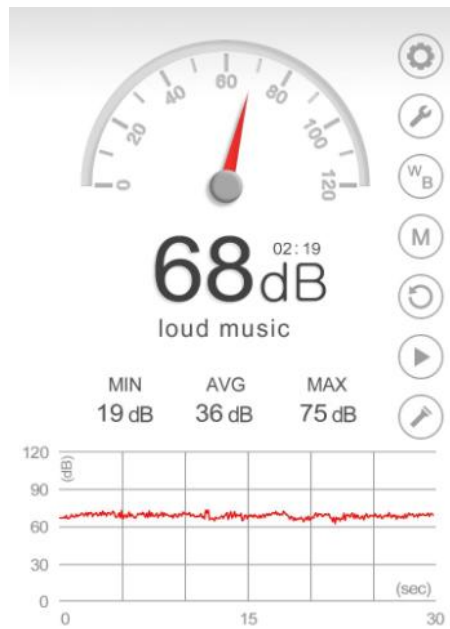


FIGURA 4.49: Medición de decibeles de la actividad de rectificación de disco.

FUENTE: Aplicación AppStore “Sonómetro” de “Abc apps”

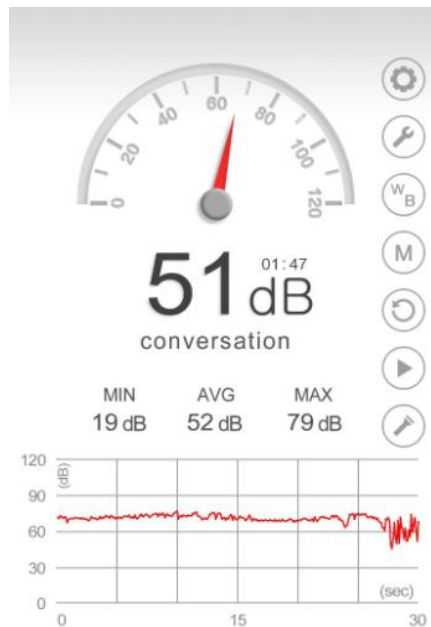


FIGURA 4.50: Medición de decibeles de la actividad de corte de fierro con tronzadora.

FUENTE: Aplicación AppStore “Sonómetro” de “Abc apps”



FIGURA 4.51: Medición de decibeles de la actividad corte de acero inoxidable con disco de corte.

FUENTE: Aplicación AppStore “Sonómetro” de “Abc apps”

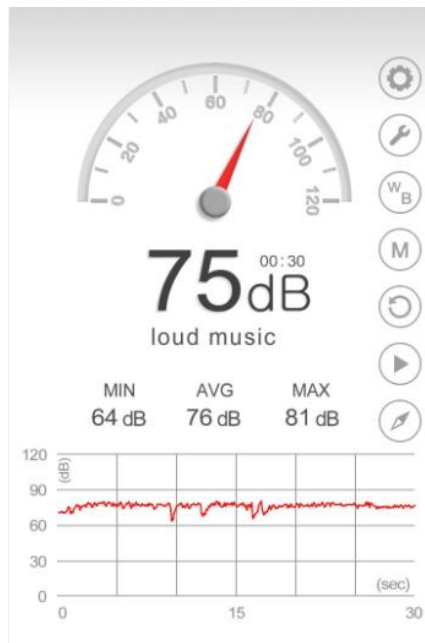


FIGURA 4.52: Medición de decibeles para la actividad de torneado de pieza

FUENTE: Aplicación AppStore “Sonómetro” de “Abc apps”



FIGURA 4.53: Medición de decibeles de la acción de pulir hierro

FUENTE: Aplicación AppStore “Sonómetro” de “Abc apps”

Este método es solo una aproximación ya que el método correcto es el de seguimiento del operario por el lugar de trabajo, el cual no se pudo realizar debido a la falta de equipos que exige la ley para poder efectuar la medición de ambiente sonoro de la organización.

d) Iluminación del área de trabajo

De acuerdo a lo establecido por la norma chilena N°4/2003 que se rige de acuerdo en la ley N° 18410 en cuanto a la interpretación de la norma que será resuelta por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, SEC, el mínimo de iluminación necesaria para llevar a cabo trabajos sin problemas de visión es de 200 [Lux].

En el Anexo O se puede observar un proyecto parecido al presente estudio en donde se ilumina una infraestructura cerrada para trabajos de metal mecánica (maestranza) de 18 [m] x 24 [m] a través de un software de luminotecnía, el cual consiste en calcular la cantidad de flujo luminoso, el espectro de luz que sea ideal para realizar los trabajos en perfectas condiciones, la cantidad y el tipo de focos entre otros. En consecuencia, el software arrojó para este proyecto que se deben utilizar nueve focos de 270 [W] a una altura de montaje de 5,5 [m].

Este proyecto fue otorgado por la empresa SysnetworkSpA, dedicada al rubro de montajes eléctricos y electrónicos, con fines netamente para este estudio.

4.4.4 Actividad D):Diseño de secciones

Así pues, una vez obtenida la mejor alternativa de distribución y las propuestas de mejoras de seguridad y condiciones de trabajo, se procedió a reordenar y dibujar las estaciones de trabajo, con objeto de obtener el layout final a presentar.

En las siguientes imágenes que se presentan, los cuadros negros representan, los mesones de trabajo, los estantes para guardar herramientas o piezas acabadas y las máquinas como tornos y taladros y el cuadrilátero que los rodea, es el área necesaria para poder realizar las actividades. Los cuadros rojos, son lugares de desechos, las zonas verdes son áreas destinadas para el acopio de material en proceso y para dejar máquinas y equipos. Las zonas amarillas, representan los pasillos que según la norma chilena deben tener un espacio de 150 [cm].

Cabe destacar, que una vez obtenida la superficie mínima necesaria de trabajo y luego de las entrevistas con los operarios, se definió: un espacio de trabajo de 80 [cm] del lado por donde se trabaja; un espacio de 30 [cm] por el lado inactivo de las máquinas, equipos o mesones y un espacio de 60 [cm] por el lado trasero de las máquinas para una correcta mantención cuando lo necesite el equipo.

En la sección de “Corte de fierro” (figura 4.54) se ubicó el mesón para cortar planchas de gran espesor en el fondo con el fin de que cuando se corte mediante oxicorte, los tanques de gases queden fuera del alcance de cualquier chispa que pueda provocar la máquina tronzadora (ubicada a un costado). Además, se agregaron zonas para dejar los desechos metálicos, el material en proceso y una zona especial para dejar los equipos de corte de fierro de gran espesor, como los tanques para cortar por oxicorte, o la máquina de corte por plasma.

La sección de “Soldadura de fierro” (figura 4.55) se ordenó de tal forma que el mesón utilizado para soldar grandes estructuras quedara a un costado, y el mesón y estante frente a este para un mejor flujo dentro del departamento, además, se agregó una zona para dejar el material en proceso.

Luego continuó la sección de “Corte de acero inoxidable” (figura 4.56) donde los mesones de trabajo se ubicaron en forma de “L” para un mejor flujo, además, se asignaron zonas para desechos y para el material en proceso.

En la sección de “Soldadura de acero inoxidable” (figura 4.57) el mesón para estructuras grandes se ubicó a un costado para que sea más fácil su salida de la sección. El otro mesón quedó a un costado y el estante entre ambos. Se agregó una zona para dejar el material en proceso.

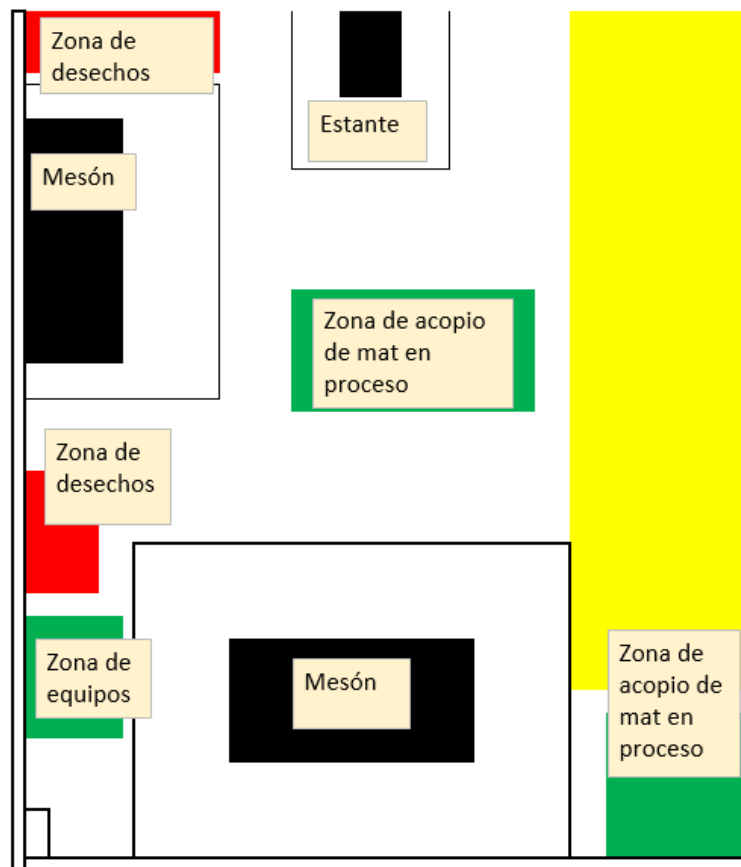


FIGURA 4.54: Sección de "Corte de fierro".

FUENTE: Elaboración propia.

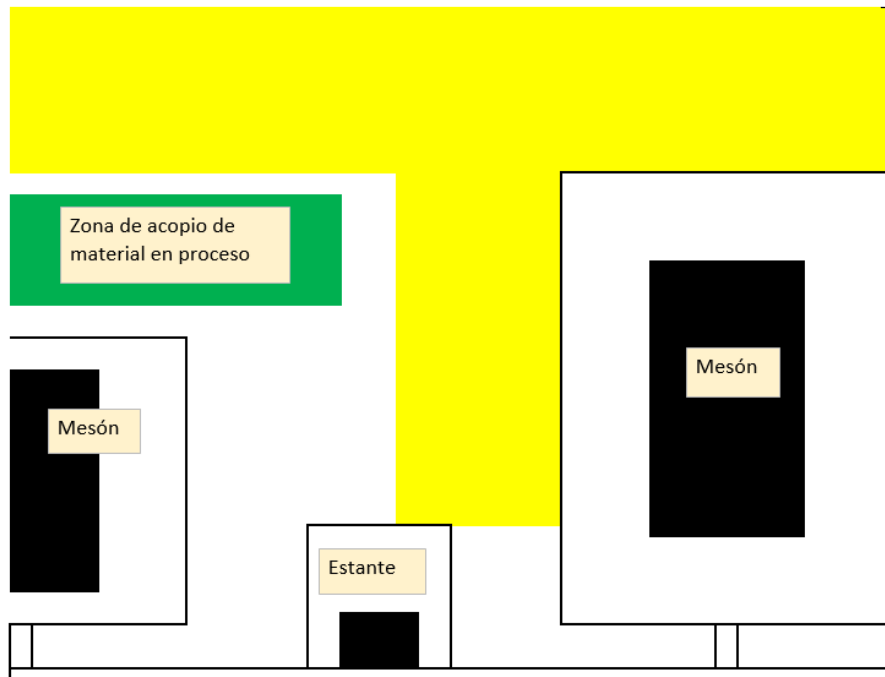


FIGURA 4.55: Sección de "Soldadura de hierro".

FUENTE: Elaboración propia.

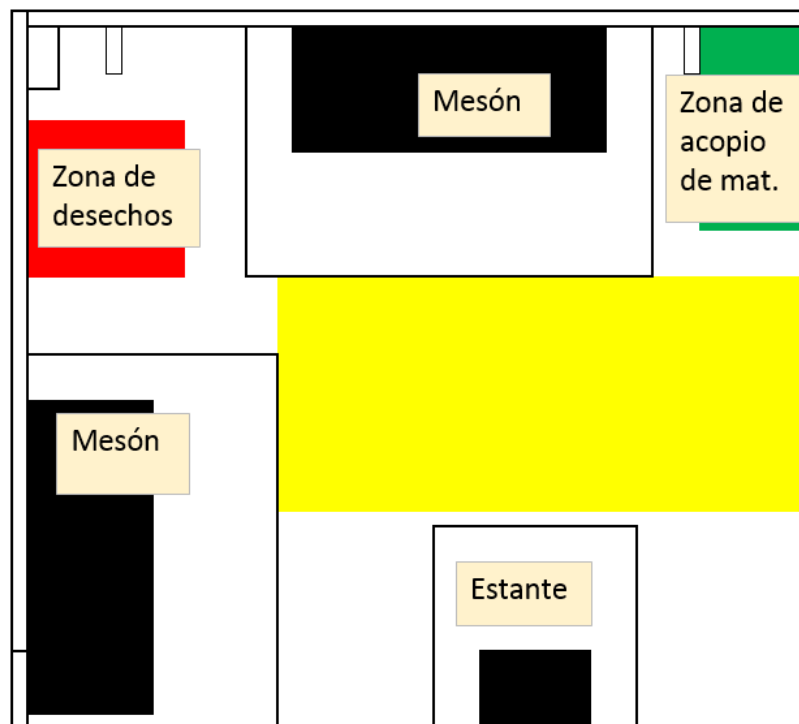


FIGURA 4.56: Sección de "Corte de acero inoxidable".

FUENTE: Elaboración propia.

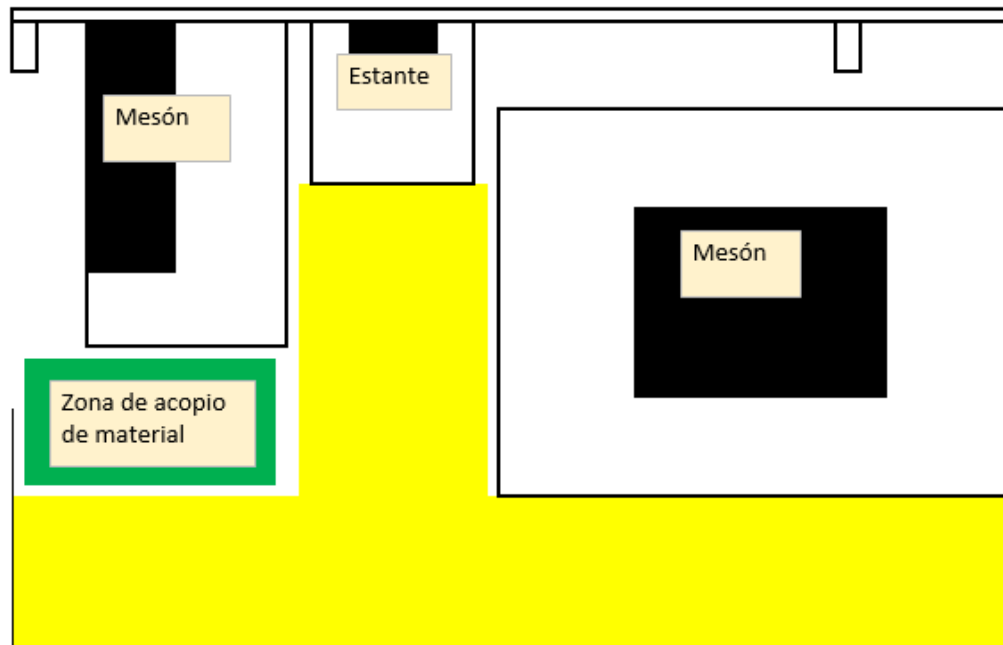


FIGURA 4.57: Sección de "Soldadura de acero inoxidable".

FUENTE: Elaboración propia.

Asimismo, la sección de "Tornaría" (figura 4.58) se ordenó de la siguiente forma: el taladro fresador se ubicó en una esquina de la sección, la cual colinda con las secciones donde se trabaja el acero inoxidable, para que así los trabajadores tengan un mejor acceso al taladro fresador desde estas secciones y no crucen todo el departamento para su utilización, ya que, como se vio anteriormente, en los diagramas de flujos de los trabajos, el taladro fresador es utilizado con gran frecuencia para trabajos de acero inoxidable; los tornos se ubicaron de forma escalonada para prevenir accidentes entre éstos, y para que al menos un trabajador tenga visión del otro; se utilizó sólo un mesón de trabajo, ya que al ordenar los componentes el otro mesón destinado no cuadro bien y en la actualidad se utiliza sólo un mesón y es suficiente según los trabajadores de esta sección (torneros). Al igual que las otras secciones, se incorporaron zonas para el acopio de piezas listas, para piezas en proceso y para los desechos que se generan en esta sección



FIGURA 4.58: Sección de "Tornería".

FUENTE: Elaboración propia.

Luego, en la sección de "Mecánica de banco" (figura 4.59) los mesones se dejaron a los costados para trabajar de mejor manera y el taladro se ubicó al medio, este taladro está destinado sólo al uso de fierro, para que no se produzca contaminación del material al trabajar acero inoxidable y fierro en la misma máquina. Asimismo, se dispusieron de zonas para el acopio de material en proceso y una zona para dejar los residuos.

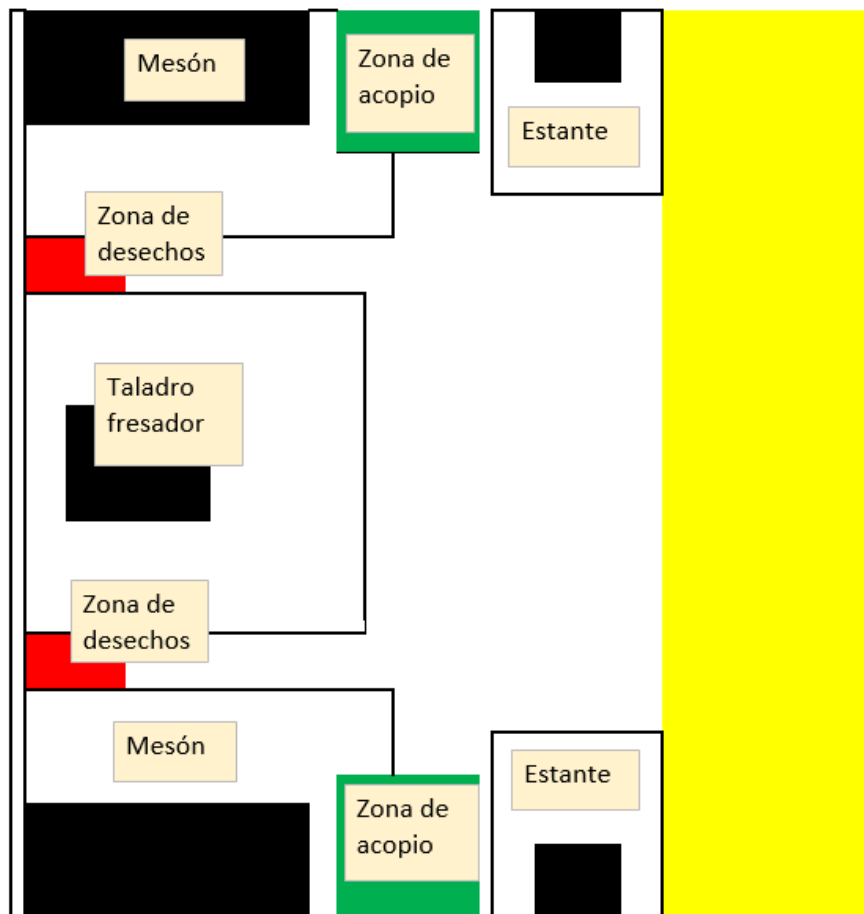


FIGURA 4.59: Sección de "Mecánica de banco".

FUENTE: Elaboración propia.

A continuación, a la sala de pintura (figura 4.60) se le agregó un mesón para dejar los materiales a utilizar en el pintado y se separó para dejar las piezas pintadas en una zona para que así se sequen en un lugar libre de contaminantes y no estén cerca del pintado de otras piezas.

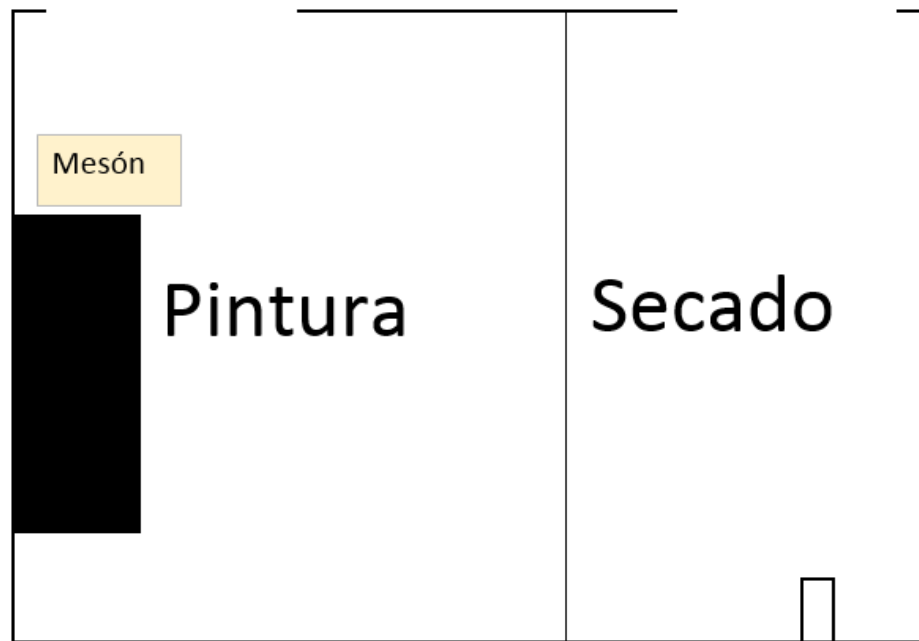


FIGURA 4.60: Sección de "Pintura".

FUENTE: Elaboración propia.

A la "Sala de mezclas de químicos" (figura 4.61) se le agregaron dos mesones para facilitar el trabajo, uno en el cual se pueden realizar las mezclas y en el otro verter el contenido. Las dimensiones de esta sección fueron dictadas por el gerente de la organización, ya que es él quien trabaja en esta zona.

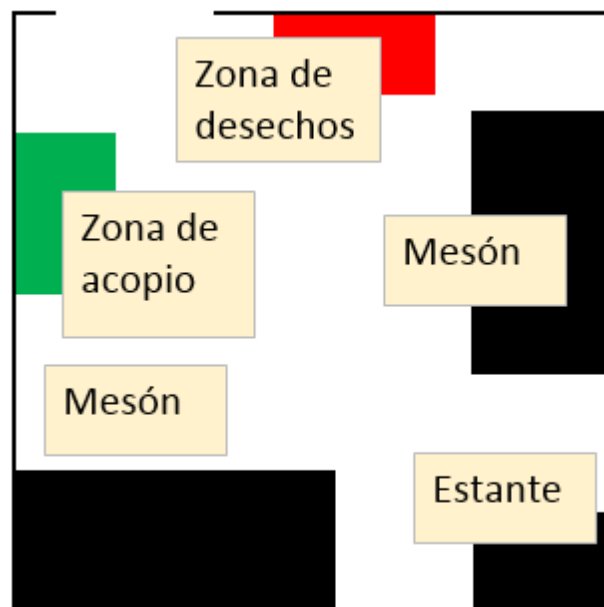


FIGURA 4.61: "Sala de mezclas de químicos".

FUENTE: Elaboración propia.

En relación a la “Bodega de máquinas y herramientas” y la “Bodega de químicos” a petición del gerente no se diseñaron y sólo quedaron las medidas, para que una vez en terreno él ordene los componentes que se van a almacenar.

Una vez concluido el diseño de las secciones se procedió a dibujar el layout final con todos sus componentes, este se puede apreciar en el ANEXO P-Q.

En la propuesta realizada se puede observar la debida delimitación de las zonas de trabajo, pasillos, zonas de acopio y zonas de desecho, aminorando así la congestión de materiales, de piezas, de productos, de personas y de equipos que afecta a la empresa en la actualidad y que se acrecienta en periodos de alta demanday, además, favoreciendo el desplazamiento del trabajador en la zona de trabajo contando con un espacio necesario para realizar las actividades sin dificultades.

En la actualidad las actividades productivas relacionadas con el uso de fierro y de acero inoxidable, se llevan a cabo una al lado de la otra, esto trae consigo que el producto fabricado de acero inoxidable se contamine debido al polvillo que se libera durante el corte de fierro. En la propuesta, ambas “líneas” de trabajo (acero inoxidable y fierro) están en sectores opuestos, lo que previene la contaminación del acero inoxidable, evitando y hasta eliminando el trabajo de volver a limpiar el producto final.

Además, en esta propuesta se integran aspectos de seguridad, contaminación e higiene industrial acorde a lo que exigen las leyes, decretos y normas chilena, no así en la actualidad, ya que el ambiente de trabajo se ha ido formando de acuerdo a la experiencia del gerente y los operarios.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo entre la situación actual y la propuesta generada en este proyecto de título.

TABLA 4.18: Cuadro comparativo entre la situación actual y la propuesta realizada en entre trabajo de titulación.

Situación Actual	Propuesta
Distribución en base a la experiencia.	Distribución en base a estudios de Ingeniería.
Superficie del Área de operaciones: 125 [m²].	Superficie del Área de operaciones: 427,5 [m²].
Contaminación de polvo, gases, vapores, partículas, entre otros, en lugares reducidos.	Extractores de polvo y gases ayudarían a mitigar las poluciones.
Bajo nivel de señalética en el lugar de trabajo.	Señaléticas de advertencia, prohibición, obligación, indicativas y salvamento.
Productos en proceso y final sin zona de acopio.	Zonas de acopio para el producto en proceso y final.

• Contaminación de producto en proceso y final fabricado con acero inoxidable.	• Agentes de contaminación del acero inoxidable se encuentran distanciados.
• Servicios higiénicos deficientes (lavamanos e inodoro)	• Servicios higiénicos contemplan lavamanos, inodoro, duchas y casilleros.
• Alta congestión de materiales, equipos, piezas productos, etc., en periodos de alta demanda.	• Distribución con espacio para descongestionar el flujo de materiales, piezas y productos.
• Zonas de trabajos y pasillos sin delimitar	• Zonas de trabajo y pasillos bien delimitadas
• Productos pintados se secan rodeados de contaminantes.	• Zona de secado cerrada.
• Bajo nivel de riesgos.	• Bajo nivel de riesgos.

Fuente: Elaboración propia.

5 CONCLUSIONES

El desarrollo de esta tesis se ha enfocado en crear una Propuesta de Distribución de Planta y de Ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa MV Construcciones LTDA. Se construyó, evaluó y seleccionó un layout adecuado a la realidad de la empresa, en el cual incorpora los requerimientos mínimos de seguridad y de condiciones de trabajos para que los operarios se sientan seguros en un ambiente confortable de trabajo.

En la primera etapa a través del levantamiento de información se observó que el flujo de personas, materiales y del producto se ve obstruido debido al reducido espacio en donde opera la empresa, ya que la zona de “mecánica de banco” y de “corte y soldadura de inoxidable” es utilizada para dejar los productos terminados, o equipos que esperan mantención, entorpeciendo el libre tránsito en todos los sentidos ya que en esta zona es donde se cruzan los pasillos. Además, cuando se llevaban a cabo actividades en esta zona, los trabajadores debían tener cuidado con los productos en procesos que a veces estaban en la zona, y en ciertas ocasiones se utilizaban los mesones como centro de acopio.

En la zona de “Soldadura de fierro” se utiliza el mesón para poder pintar piezas y dejar secando estas mismas, por lo que mientras ese lapso de tiempo no se puede cortar fierro, ya que puede ensuciar las piezas y eso significa volver a comenzar el proceso de pintado de la pieza.

Con esto se concluye y responde a la primera pregunta de investigación que uno de los mayores problemas que enfrenta la empresa actualmente es la necesidad de espacio para poder realizar de manera adecuada las actividades productivas, ya que contando con una superficie idónea los operarios se desenvolverían en su debida sección, sin ocupar los pasillos con materiales ni con productos en procesos, ya que estos estarían en zonas específicas de acopio, permitiendo el libre desplazamiento de los trabajadores, materiales y productos por toda la organización.

Esta segunda etapa se cumplió por medio de la aplicación de la metodología SLP, en la cual se identificaron y analizaron los principales trabajos que realiza la empresa, se replantearon las secciones del Área de Operaciones, se calculó la superficie mínima necesaria para todos los componentes y secciones y se estudiaron las relaciones entre secciones. Con estos datos se aplicaron los algoritmos y se realizaron alternativas según indica esta metodología, obteniendo así diferentes alternativas de distribución de planta para ser evaluadas y determinar la mejor opción.

Con el desarrollo de este objetivo se puede concluir que los algoritmos utilizados, CORELAP y ALDEP, dan soluciones óptimas de acorde a los criterios que utilizan para ubicar los departamentos, y no respetando las relaciones que poseen los departamentos. ALDEP va ubicando los departamentos acordes al último que se ubicó y no tomando en cuenta las relaciones que posee el último en ubicarse con los demás y CORELAP basa su solución óptima en base al índice TCR que varía según los valores numéricos asignados a las relaciones y no respetando lo que realmente significan las relaciones.

Además, los resultados que entregan estos algoritmos presentan algunas complicaciones a la hora de evaluarlos y se deben adecuar a la realidad, por ejemplo, las soluciones que se otorgan vienen con una forma y tamaño uniforme para cada departamento.

También se concluye que la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) es la más aceptada y la más utilizada para la resolución de problemas de distribución de planta a partir de criterios cualitativos, y se puede adaptar a cualquier tipo organización. También cabe destacar que es una metodología flexible, donde se le pueden agregar otros métodos y algoritmos para obtener una distribución de planta más eficiente.

En el tercer objetivo específico, se estandarizaron todas las alternativas y luego se evaluaron según criterios definidos por el autor y el gerente de la empresa, obteniendo así la mejor alternativa de distribución para la organización.

Con la realización del tercer objetivo se concluye que las herramientas de evaluación multicriterio son un apoyo significativo a la hora de tomar alguna decisión cuando se manejan variadas alternativas, ya que integran una diversidad de factores, tanto cualitativos como cuantitativos, y otorgan una solución a problemas complejos.

También se responde a la segunda pregunta de investigación, acerca de los factores más determinantes para elegir una distribución eficiente acorde a la realidad de la empresa los cuales pueden variar según la perspectiva y realidad de cada organización, es aconsejable determinar éstos con ayuda de otras personas debido a que cada uno tiene una visión diferente de la realidad, debido a la experiencia, estudios en el tema.

En el último objetivo específico, centrado en el diseño de las estaciones de trabajo y del medio ambiente de trabajo, se realizaron propuestas para controlar y eliminar los agentes contaminantes que producen las actividades productivas de la organización y para prevenir accidentes y enfermedades profesionales relacionadas los trabajos que se realizan en la organización, esto se cumplió mediante la reorganización de los componentes de cada sección y el diseño final de distribución para la futura instalación de la empresa, integrando las propuestas mencionadas anteriormente, obteniendo así un Layout final para la nueva instalación de la empresa con medidas de seguridad de acuerdo a lo que las normas chilenas establecen.

Por lo tanto, se concluye que el principal foco de contaminación que se observa son los residuos del corte de fierro y de acero inoxidable y la soldadura de fierro, que al no ser controlados o mitigados contaminan todo el espacio, pudiendo producir así, más de alguna enfermedad profesional. El polvo que genera el corte de fierro, aparte de ser un factor de riesgo para la salud de los trabajadores, corroe al acero inoxidable, lo que provoca una baja en la calidad final de los trabajos que se llevan a cabo en la organización.

Por otra parte, se concluye que la organización tiene poca cultura sobre la prevención de accidentes y el orden, ya que no existe ni un tipo de advertencia o señalización de peligros, los equipos de protección personal son utilizados de vez en cuando por parte de los trabajadores y el orden dentro del Área de Operaciones es un factor importante a tratar, ya éste trae consigo demoras importantes en la realización de los trabajos.

Además, se responde a la tercera pregunta de investigación, donde con simples medidas, como la señalización de la empresa y otras más avanzadas como una inversión en captadores de polvo y gases se disminuiría el nivel de contaminación considerablemente.

Además, la propuesta de distribución de planta que se generó en este proyecto ha aumentado el Área de Operaciones en un 242 por ciento, en comparación a la situación actual, dejando al descubierto el problema de espacio que se tiene actualmente la empresa.

6 RECOMENDACIONES

Así mismo, con la realización de esta propuesta han surgido algunas recomendaciones:

- La ejecución de las propuestas de mejoramiento de la seguridad, como lo son las señaléticas de advertencia o el uso de protección personal, deberá ir acompañada de un programa de información dirigida a los trabajadores, que contenga información sobre los peligros y riesgos que se someten al no utilizar sus equipos de protección personal y al no acatar lo que las señaléticas indican.
- Se recomienda la implementación de captores de humo y de polvo, ya que pueden solucionar en un 100 por ciento el problema de contaminación que afecta a la organización y es mucho más eficiente que la utilización de lonas para separar o aislar las actividades que generan estos contaminantes.
- Se debe crear y fortalecer una cultura de seguridad, de prevención y de orden dentro de la organización.
- Se debe respetar y utilizar de buena forma las secciones y centros de trabajo, para un funcionamiento eficiente de la propuesta de distribución que se obtuvo.
- Si bien el proyecto de luminotecnia otorgado por SysnetworkSpA sirve para tener una primera impresión acerca de la iluminación de la infraestructura, se sugiere un estudio de luminotecnia de acuerdo a las condiciones y restricciones de la nueva infraestructura de la empresa, para poder identificar de manera más acertada la cantidad y el tipo de foco que se requieren.
- Se recomienda además, realizar un estudio del ambiente sonoro como lo exige la ley, con el fin de determinar los niveles de ruidos a los que están sometidos los trabajadores durante su jornada laboral y poder decidir si se requiere el uso de protector auditivo obligatorio o no.

7 BIBLIOGRAFÍA

- AILING, C. 2009. Facility layout improvement using systematic layout Planning (SLP) and arena. Masters of Engineering (Industrial Engineering). Malaysia. Universiti Teknologi Malaysia. p.30.
- ARELLANO, J. & RODRÍGUEZ, R. 2013. Salud en el trabajo y seguridad industrial. 1ª edición. México. Alfaomega. pp. 121-122.
- ASFAHL, C.& RIESKE, D. 2010. Seguridad industrial y administración de la salud. México. Pearson educación. pp. 158.
- BACA, G. 2014. Introducción a la ingeniería industrial. 2ª edición. México. Larousse - Grupo Editorial Patria. pp. 226.
- BULL, J. 2015. Gestión Estratégica de Operaciones. Gestión Estratégica de operaciones: Práctico 1. Puerto Montt.
- CHASE, R. 2009. Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. 12ª edición. México. McGraw-Hill. pp. 221-240.
- CHILE. Ministerio de Salud. 2000. Decreto 594: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. 29, abril, 2000.
- CHILE. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. 1968. Ley 16.744: Establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. 1, febrero, 1968.
- CHILE. Ministerio del trabajo y previsión social. 2003. Decreto con fuerza de ley Núm. 1: fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del código del trabajo. 16, enero, 2003.
- DEL RÍO, M.G., MARTÍNEZ, J., MARTÍN, A. & BRAVO-ARANDA, G. 2003. Estudio comparativo de las estrategias para la distribución del espacio en planta en los campos de la arquitectura e ingeniería. En: VII CONGRESO INTERNACIONAL de Ingeniería de Proyectos. Pamplona, España. Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).
- DEPARTAMENTO DE salud ocupacional. 2010. Guía para la selección y control de protectores auditivos. Chile, Instituto de Salud Pública (ISP).
- DOMÍNGUEZ, J., A. 1995. Dirección de operaciones, Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Madrid. McGraw-Hill. pp. 319-320.
- FALAGÁN, M., CANGA, A., FERRER, P.& FERNÁNDEZ, J. 2000. Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene industrial, seguridad y ergonomía. 1ª edición. España. Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.

- GALINDO, A & TAPIA, M. 2008. SLP: Una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica. *Ingeniería Industrial* 29(2):1-6.
- HEIZER, J. & RENDER, B. 2007. Dirección de la producción y de operaciones, Decisiones estratégicas. 8ª edición. Madrid. PEARSON EDUCACIÓN. pp. 433-454.
- HERNÁNDEZ, J., GALLARZO, M. & ESPINOZA, J. 2011. Desarrollo organizacional. 1ª edición. México. PEARSON EDUCACIÓN. pp.
- INSTITUTO NACIONAL de Normalización. 1978. Norma Chilena Oficial NCh1411.Of78: Prevención de riesgos. Chile, Instituto Nacional de Normalización. pp. 1-2.
- INSTITUTO NACIONAL de Normalización. 1978. Norma Chilena Oficial NCh1410.Of78: Prevención de riesgos – Colores de seguridad. Chile, Instituto Nacional de Normalización.
- KANAWATY, G. 1996. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra. Organización Internacional del Trabajo. pp. 35- 67.
- LEYVA, M., MAURICIO, D.& SALAS, J. 2013. Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. *Industrial Data*. julio-diciembre, 2013. Vol. 16 issue 2.
- MEYERS, F. & STEPHENS, M. 2006. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. México. Pearson educación. pp.
- MUTHER, R. 1961. Systematic Layout Planning. 1ª edición. EEUU. Industrial Education Institute.
- NIEBEL, B. 2009. Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12ª edición. México. McGraw-Hill. pp. 183-206.
- NÚÑEZ, A. 2014. Dirección de operaciones, Decisiones tácticas y estratégicas. 1ª edición. España. Editorial UOC.
- PACHECO, J.& CONTRERAS, E. 2008. Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Santiago de Chile. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- PLATAS, J. & CERVANTES, M. 2014. Planeación, diseño y layout de instalaciones: un enfoque por competencias. 1ª edición. México. Grupo editorial patria. pp. 68-72.
- SACRISTÁN, M. 1995. La distribución en planta. En: DOMÍNGUEZ, J., A. Dirección de operaciones, Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. España. McGraw-Hill. pp. 275-309.
- SEGURA, A. 2010. Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas. Máster en Organización Industrial y Gestión de Empresas. España. Universidad de Sevilla.

TORTORELLA, G. & FOGLIATTO, F. 2008. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. *Produção* 18(3):609-624.

WIYARATN, W. & WATANAPA, A. 2010. Improvement plant layout using systematic layout planning (SLP) for increased productivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 36(12):269-273.

WIYARATN, W., WATANAPA, A. & KAJONDECHA, P. 2013. Improvement Plant Layout Based on Systematic Layout Planning. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology* 5(1):76-79.

ZHU, Y. & WANG, F. 2009. Study on the general plane of log yards based on systematic layout planning. 2009. *IEEE Computer Society* 4: 92-95.

PÉREZ, PABLO, DIÉGUEZ, EVIS Y GÓMEZ, OLGA. 2008. Metodologías para la resolución de problemas de distribución de planta [en línea]. Cuba.Monografías UMCC / Universidad de Matanzas UMCC. <<http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/metodologias-para-la-resolucion-de-problemas-de-distribucion-de-planta>>. [4 de abril de 2016].

ANEXOS

- **Corte por plasma:**El corte por plasma es un proceso que se utiliza para cortar el acero y otros metales de diferentes espesores (en ocasiones se cortan otros materiales) con una antorcha de plasma. En este proceso, un gas inerte es soplado a alta velocidad de una boquilla, al mismo tiempo un arco eléctrico que se forma a través de la boquilla hace posible que el gas lo pase al cuarto estado de la materia, el plasma, el cual logra el corte del metal. El plasma es lo suficientemente caliente para derretir metal haciendo un corte sobre el mismo.
- **Ergonomía ambiental:** es el estudio de los factores ambientales, generalmente físicos, que constituyen el entorno del sistema hombre-máquina.
- **Ergonomía:** se define como la disciplina científica y técnica multidisciplinaria cuyo objetivo es la adaptación del ambiente o las condiciones laborales al ser humano para lograr las mejores condiciones de confort.
- **Oxicorte:**El proceso de oxicorte remueve el metal por una reacción química del oxígeno con el metal a elevadas temperaturas. La temperatura necesaria es mantenida por una llama de gas combustible que se quema en oxígeno.
- **Rectificar:** Corregir una cosa para que sea más exacta o perfecta, especialmente lo que uno ha hecho o dicho anteriormente.
- **Taladro fresador:**Una fresadora es una máquina herramienta para realizar trabajos mecanizados por arranque de virutamediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa.
- **Torno:** conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar, cortar, fisurar, trapeciar, y ranurar piezas de forma geométrica por revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza cortando la viruta.

ANEXO B: Entrevista abierta con los operarios.

a) Objetivo

Comprender las actividades productivas que se efectúan en la organización, mediante la aplicación de preguntas a los trabajadores relacionadas a sus labores y responsabilidades, como también al funcionamiento de la maquinaria, con el fin de tener una visión de manera más detallada las actividades.

b) Entrevistados

Nombre	Cargo
Mario Vargas	Gerente
Patricio de Ferrari	Tornero
Hardy Velásquez	Tornero
Marcelo Vargas	Soldador
Juan Ríos	Soldador
Alexis Carimán	Mecánico ayudante
Juan Millapán	Mecánico ayudante
Andrés Tecay	Mecánico ayudante

c) Conclusiones

Como resultado de la aplicación de esta entrevista se obtuvo información acerca de los procesos productivos que se llevan a cabo en la organización, como, por ejemplo, las funciones y característica de cada máquina y equipo utilizado para la producción de bienes, las funciones y labores de cada trabajador.

Además, en la entrevista con el gerente, el dio el primer bosquejo de lo quería para la nueva instalación de la empresa, tanto en dimensiones, como en orientación.

ANEXO C: Superficie total de cada centro de actividad de la empresa

Secciones	Centro de actividad									Área sección [m ²]
	Fijo	Variable	Largo [m]	Ancho [m]	Ss [m ²]	N	Sg [m ²]	Se [m]	St [m ²]	
Corte de fierro	Mesón + Tronzadora		2,0	0,8	1,60	1	1,60	4,80	8,00	34,75
		Mesón improvisado	2,0	1,0	2,00	4	8,00	15,00	25,00	
	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	
Soldadura de fierro	Mesón		2,0	0,8	1,60	1	1,60	4,80	8,00	56,63
	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	
		Mesón improvisado	2,5	1,5	3,75	4	15,00	28,13	46,88	
Corte de inoxidable	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	17,75
	Mesón 1		2,0	0,8	1,60	1	1,60	4,80	8,00	
	Mesón 2		2,0	0,8	1,60	1	1,60	4,80	8,00	
Soldadura de inoxidable	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	39,25
		Mesón improvisado	2,0	1,5	3,00	4	12,00	22,50	37,50	
Tornería	Torno 1		2,8	1,0	2,80	1	2,80	8,40	14,00	58,70
	Torno 2		3,0	1,2	3,60	1	3,60	10,80	18,00	
	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	
	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	
	Taladro fresador		0,8	1,0	0,80	3	2,40	4,80	8,00	
	Esmeril		0,6	0,4	0,24	1	0,24	0,72	1,20	
	Mesón 1		2,0	0,7	1,40	1	1,40	4,20	7,00	
	Mesón 2		2,0	0,7	1,40	1	1,40	4,20	7,00	
Mecánica de banco	Mesón 1		2,0	0,7	1,40	1	1,40	4,20	7,00	23,75
	Estante		0,7	0,5	0,35	1	0,35	1,05	1,75	
	Mesón 2		2,0	0,7	1,40	1	1,40	4,20	7,00	
	Taladro		0,8	1,0	0,80	3	2,40	4,80	8,00	

Pintura	-	-	4,0	5,0						20,00
Sala de mezcla de químicos	-	-	3,0	3,0	-	-	-	-	-	9,00
Bodega de equipos y herr.	-	-	4,0	2,0	-	-	-	-	-	8,00
Bodega de químicos	-	-	3,0	2,0	-	-	-	-	-	6,00
Servicios higiénicos	-	-	4,0	2,0	-	-	-	-	-	8,00
TOTAL										281,83

S_S =Superficie estática, N=número de lados por donde se puede acceder al centro de actividad, S_G = superficie de gravitación, S_E = superficie de evolución, S_T =Superficie total, coeficiente K utilizado = 1,5.

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO D: Ajuste del Área teórica de las secciones

Secciones	Centro de actividad			Área sección teórica [m ²]	Dimensiones Sección		Área sección real [m ²]
	Fijo	Variable	St [m ²]		largo [m]	ancho [m]	
Corte de fierro	Mesón + Tronzadora		8,00	34,75	6	7	42
		Mesón improvisado	25,00				
	Estante		1,75				
Soldadura de fierro	Mesón		8,00	56,63	8	6	48
	Estante		1,75				
		Mesón improvisado	46,88				
Corte de inoxidable	Estante		1,75	17,75	5	4,5	22,5
	Mesón 1		8,00				
	Mesón 2		8,00				
Soldadura de inoxidable	Estante		1,75	39,25	8	5	40
		Mesón improvisado	37,50				
Tornería	Torno 1		14,00	58,70	8,5	7	59,5
	Torno 2		18,00				
	Estante		1,75				
	Estante		1,75				
	Taladro fresador		8,00				
	Esmeril		1,20				
	Mesón 1		7,00				
	Mesón 2		7,00				
Mecánica de banco	Mesón 1		7,00	23,75	6	6,5	39
	Estante		1,75				
	Mesón 2		7,00				
	Taladro		8,00				
Pintura	-	-	20,00	20,00	5,8	4	23,2

Sala de mezcla de químicos	-	-	9,00	9,00	3	3	9
Bodega de equipos y herr.	-	-	8,00	8,00	4	2	8
Bodega de químicos	-	-	6,00	6,00	3	2	6
Servicios higiénicos	-	-	8,00	8,00	4	2	8
TOTAL				281,83			305,2

Entrevista de relación entre departamentos

Nombre trabajador:

Puesto y oficio:

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (según la tabla de justificación)?

Diagrama de flujo de actividades de mantenimiento preventivo en un taller mecánico. Se muestran 10 actividades numeradas del 1 al 10, que convergen en un punto final a la derecha. Las actividades son:

- 1 Corte de fierro negro
- 2 Soldadura de fierro negro
- 3 Corte de acero inoxidable
- 4 Soldadura de acero inoxidable
- 5 Tornería
- 6 Mecánica de banco
- 7 Pintura
- 8 Sala de mezclas de químicos
- 9 Bodega de equipos y herramientas
- 10 Bodega de productos químicos

Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

FUENTE: Elaboración propia

Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

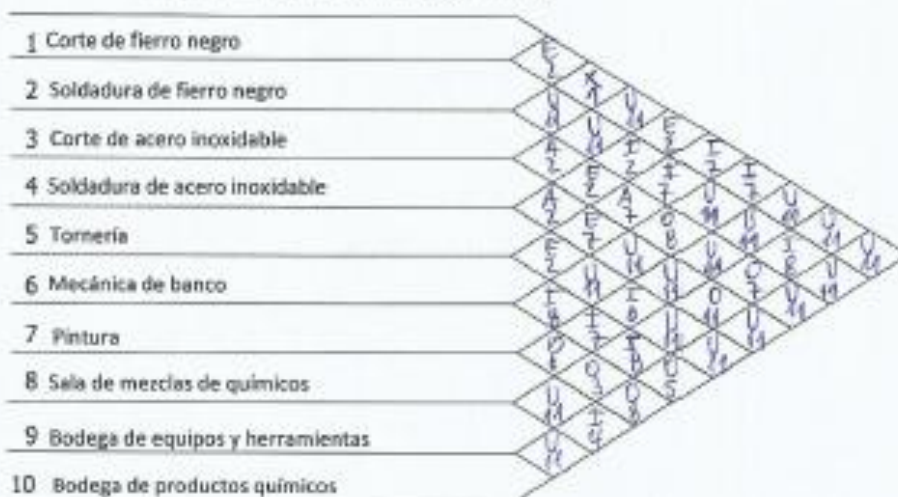
--	--

ANEXO G: Entrevista a Hardy Velásquez (Tornero mecánico)

Entrevista de relación entre departamentos

Nombre trabajador: Hardy Velásquez
Puesto u oficio: TORNERO MECÁNICO

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (según la tabla de justificación)?



Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

FUENTE: Elaboración propia

Puesto u oficio: GERENTE

Diagrama de flujo de materiales para la fabricación de un producto. El diagrama muestra 10 actividades de fabricación en la columna izquierda, conectadas por flechas a una columna de 10 actividades de almacenamiento (Bodega) en la columna derecha. Las actividades de almacenamiento están numeradas del 1 al 10 y contienen códigos de barras. Las actividades de fabricación están numeradas del 1 al 10 y contienen descripciones de las operaciones.

Actividad de Fabricación	Actividad de Almacenamiento (Bodega)
1 Corte de hierro negro	1 Bodega de productos químicos
2 Soldadura de hierro negro	2 Bodega de equipos y herramientas
3 Corte de acero inoxidable	3 Sala de mezclas de químicos
4 Soldadura de acero inoxidable	4 Pintura
5 Tornería	5 Mecánica de banco
6 Mecánica de banco	6 Tornería
7 Pintura	7 Soldadura de acero inoxidable
8 Sala de mezclas de químicos	8 Soldadura de hierro negro
9 Bodega de equipos y herramientas	9 Corte de acero inoxidable
10 Bodega de productos químicos	10 Corte de hierro negro

Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

ANEXO I: Entrevista a Juan Andrés Ríos (Maestro soldador)

Entrevista de relación entre departamentos

Nombre trabajador: JUAN ANDRÉS RÍOS

Puesto u oficio: MAESTRO SOLDADOR

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (según la tabla de justificación)?

1 Corte de fierro negro	E	2	X	3	U	4	U	5	U	6	U	7	U	8	U	9	U	10	U
2 Soldadura de fierro negro	O	X	3	U	4	U	5	U	6	U	7	U	8	U	9	U	10	U	U
3 Corte de acero inoxidable	U	U	X	4	U	5	U	6	U	7	U	8	U	9	U	10	U	U	U
4 Soldadura de acero inoxidable	U	U	U	X	5	U	6	U	7	U	8	U	9	U	10	U	U	U	U
5 Tornería	U	U	U	U	X	6	U	7	U	8	U	9	U	10	U	U	U	U	U
6 Mecánica de banco	U	U	U	U	U	X	7	U	8	U	9	U	10	U	U	U	U	U	U
7 Pintura	U	U	U	U	U	U	X	8	U	9	U	10	U	U	U	U	U	U	U
8 Sala de mezclas de químicos	U	U	U	U	U	U	U	X	9	U	10	U	U	U	U	U	U	U	U
9 Bodega de equipos y herramientas	U	U	U	U	U	U	U	U	X	10	U	U	U	U	U	U	U	U	U
10 Bodega de productos químicos	U	U	U	U	U	U	U	U	U	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U

Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

FUENTE: Elaboración propia

Puesto u oficio: MAESTRO SOLADOR

--	--

--	--

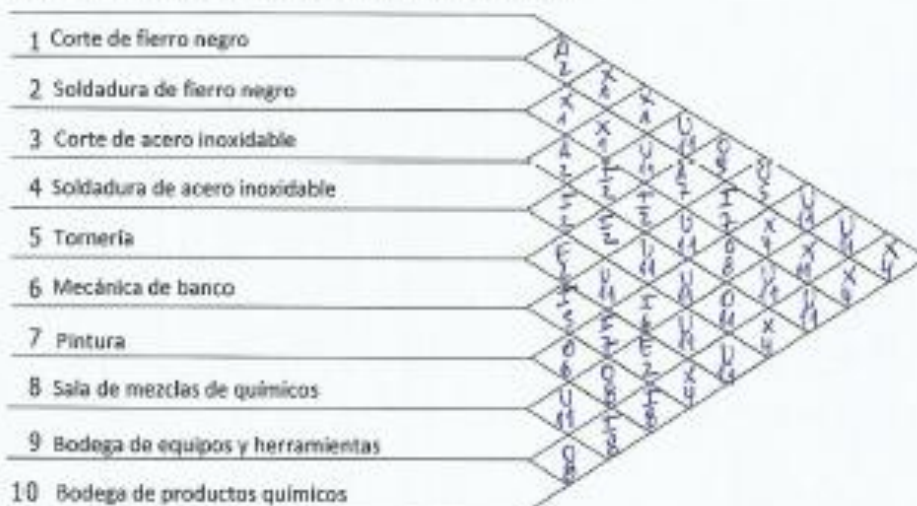
ANEXO K: Entrevista a Alexis Carimán (Ayudante)

Entrevista de relación entre departamentos

Nombre trabajador: ALEXIS CARIMÁN

Puesto u oficio: AYUDANTE (ESTUDIANTE EN PRÁCTICA)

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (según la tabla de justificación)?



Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

FUENTE: Elaboración propia

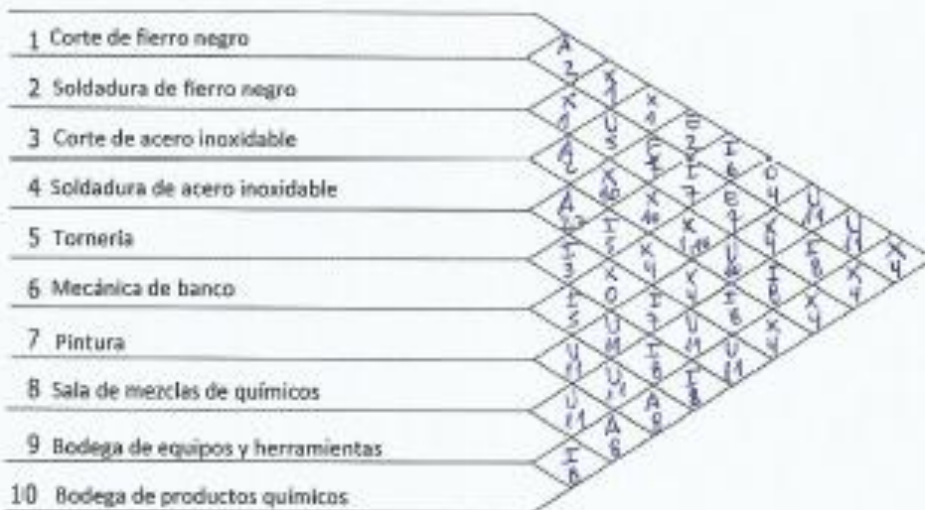
ANEXO L: Diagrama de relaciones hecho por el investigador

Entrevista de relación entre departamentos

Nombre trabajador: DANIEL CRAMONAS

Puesto u oficio: INVESTIGADOR

Según su criterio y experiencia laboral ¿Qué valoración le asignaría a la relación entre secciones? ¿Por qué (según la tabla de justificación)?



Valoración	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Necesario
U	Sin importancia
X	No deseable

Justificación de las valoraciones	
Código	Motivo
1	Contaminación de material
2	Flujo de proceso productivo
3	Uso de misma maquinaria
4	Seguridad e higiene
5	Personal en común
6	Prueba inspecciones
7	Terminación de trabajos
8	Organización
9	Carga de material
10	Contaminación ambiental
11	Sin relación

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO M: Comparación de alternativas con el método AHP

Criterios	Notas						Ponderador	Ponderación					
	ALDEP 1	ALDEP 2	CORELAP 1	CORELAP 2	SLP 1	SLP 2		ALDEP 1	ALDEP 2	CORELAP 1	CORELAP 2	SLP 1	SLP 2
Contaminación del producto	3	2	2	2	4	3	0,15749	0,47247	0,31498	0,31498	0,31498	0,62996	0,47247
Aprovechamiento de área	2	3	3	2	2	2	0,11371	0,22743	0,34114	0,34114	0,22743	0,22743	0,22743
Flujo de los trabajos más representativos	1	1	5	4	2	1	0,06639	0,06639	0,06639	0,33196	0,26557	0,13278	0,06639
Relaciones entre departamentos	3	1	1	2	4	4	0,30748	0,92245	0,30748	0,30748	0,61496	1,22993	1,22993
Seguridad de los trabajadores	3	1	1	3	5	4	0,35492	1,06476	0,35492	0,35492	1,06476	1,77461	1,41968
Nota final								2,75350	1,38492	1,65049	2,48770	3,99471	3,41591

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO N: Entrevista abiertas con los operarios.

a) Objetivo

Conocer la visión que poseen los trabajadores de seguridad e higiene industrial en el ambiente de trabajo, mediante la aplicación de preguntas relacionadas a la seguridad, el uso de los equipos de protección personal, entre otras, con el propósito de generar propuestas para mitigar los riesgos y la contaminación del ambiente de trabajo

b) Entrevistados

Nombre	Cargo
Patricio de Ferrari	Tornero
Hardy Velásquez	Tornero
Marcelo Vargas	Soldador
Juan Ríos	Soldador
Alexis Carimán	Mecánico ayudante
Juan Millapán	Mecánico ayudante
Andrés Tecay	Mecánico ayudante

c) Conclusiones

Como resultado de la aplicación de esta entrevista se obtuvo información acerca del nivel de seguridad y de higiene que poseen los trabajadores en el lugar de trabajo, como, además, los diferentes tipos de exposiciones a los que están sometidos como vapores, gases, partículas, polvo, ruido, temperatura y en dónde ocurren estas mitigaciones, dejando al descubierto la contaminación sobre todo de polvo, partículas, gases, vapores.

También, se obtuvo información acerca de los equipos de protección personal proporcionados por la empresa, los cuales son: antiparras, guantes, protección auditiva, casco, overol, calzado, caretas, máscaras de gases, de los cuales la mayoría de los trabajadores utilizan sólo el overol y los zapatos.

Proyecto elaborado por fredyuribe
Teléfono 984419308
Fax
e-Mail furibe.igor@gmail.com

Emisión de luz 1:



cd/klm

— C0 - C180 — C90 - C270

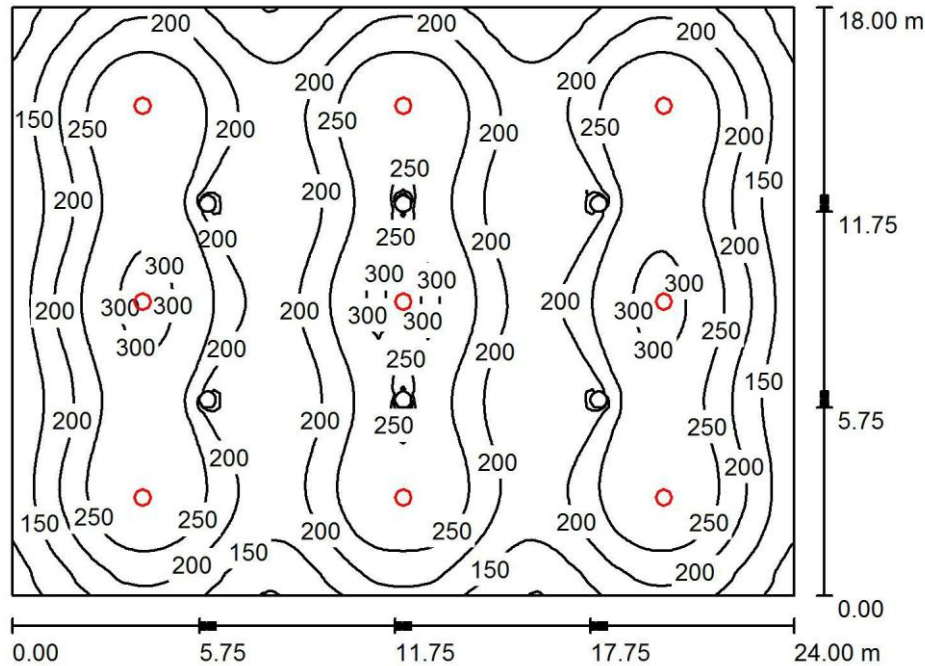
$\eta = 66\%$

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
p Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	22.8	23.9	23.1	24.1	24.3	22.8	23.9	23.1	24.1	24.3	
	3H	23.0	23.9	23.3	24.2	24.4	23.0	23.9	23.3	24.2	24.4	
	4H	22.9	23.7	23.1	24.1	24.4	22.9	23.8	23.3	24.1	24.4	
	6H	22.9	23.7	23.2	24.0	24.3	22.9	23.7	23.2	24.0	24.3	
	8H	22.9	23.6	23.2	23.9	24.3	22.9	23.6	23.2	23.9	24.3	
4H	12H	22.8	23.6	23.2	23.9	24.2	22.8	23.6	23.2	23.9	24.2	
	2H	22.9	23.8	23.2	24.1	24.3	22.9	23.8	23.2	24.1	24.3	
	3H	23.1	23.8	23.5	24.2	24.5	23.1	23.8	23.5	24.2	24.5	
	4H	23.1	23.8	23.5	24.1	24.5	23.1	23.8	23.5	24.1	24.5	
	6H	23.1	23.6	23.5	24.0	24.4	23.1	23.6	23.5	24.0	24.4	
8H	8H	23.1	23.6	23.5	23.9	24.4	23.1	23.6	23.5	23.9	24.4	
	12H	23.0	23.5	23.5	23.9	24.3	23.0	23.5	23.5	23.9	24.3	
	2H	23.1	23.6	23.5	24.0	24.4	23.1	23.6	23.5	24.0	24.4	
	6H	23.0	23.4	23.5	23.9	24.3	23.0	23.4	23.5	23.9	24.3	
	8H	23.0	23.4	23.5	23.8	24.3	23.0	23.4	23.5	23.8	24.3	
12H	12H	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	
	2H	23.0	23.5	23.5	23.9	24.3	23.0	23.5	23.5	23.9	24.3	
	6H	23.0	23.3	23.5	23.8	24.3	23.0	23.3	23.5	23.8	24.3	
	8H	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	
	12H	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	23.0	23.3	23.4	23.7	24.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+0.9 / -1.4					+0.9 / -1.4					
S = 1.5H		+1.8 / -3.3					+1.8 / -3.3					
S = 2.0H		+3.4 / -5.2					+3.4 / -5.2					
Tabla estándar Sumando de corrección		BK01 3.7					BK01 3.7					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2000lm Flujo luminoso total												

Proyecto elaborado por fredyuribe
 Teléfono 984419308
 Fax
 e-Mail furibe.igor@gmail.com

taller / Resumen



Altura del local: 6.500 m, Altura de montaje: 5.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:232

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E / E
					$\frac{min}{m}$
Plano útil	/	216	77	311	0.355
Suelo	20	205	91	267	0.444
Paredes (4)	50	65	26	151	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]P [W]
1	9	PHILIPS HPK238 1xCDM-EP250W-CO +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB_840 (1.000)	13200	20000 274.0
Total:			118800	180000 2466.0

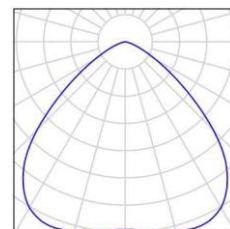
Valor de eficiencia energética: $5.71 \text{ W/m}^2 = 2.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 432.00 m²)



Proyecto elaborado por fredyuribe
Teléfono 984419308
Fax
e-Mail furibe.igor@gmail.com

taller / Lista de luminarias

9 Pieza PHILIPS HPK238 1xCDM-EP250W-CO
+GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB_840
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 13200 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 20000 lm
Potencia de las luminarias: 274.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 64 94 99 100 66
Lámpara: 1 x CDM-EP250W-CO/840 (Factor de
corrección 1.000).





Proyecto elaborado por fredyuribe
 Teléfono 984419308
 Fax
 e-Mail furibe.igor@gmail.com

taller / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 118800 lm
 Potencia total: 2466.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	188	28	216	/	/
Suelo	176	30	205	20	13
Pared 1	36	33	69	50	11
Pared 2	29	32	61	50	9.73
Pared 3	36	33	68	50	11
Pared 4	29	32	61	50	9.71

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.355 (1:3)

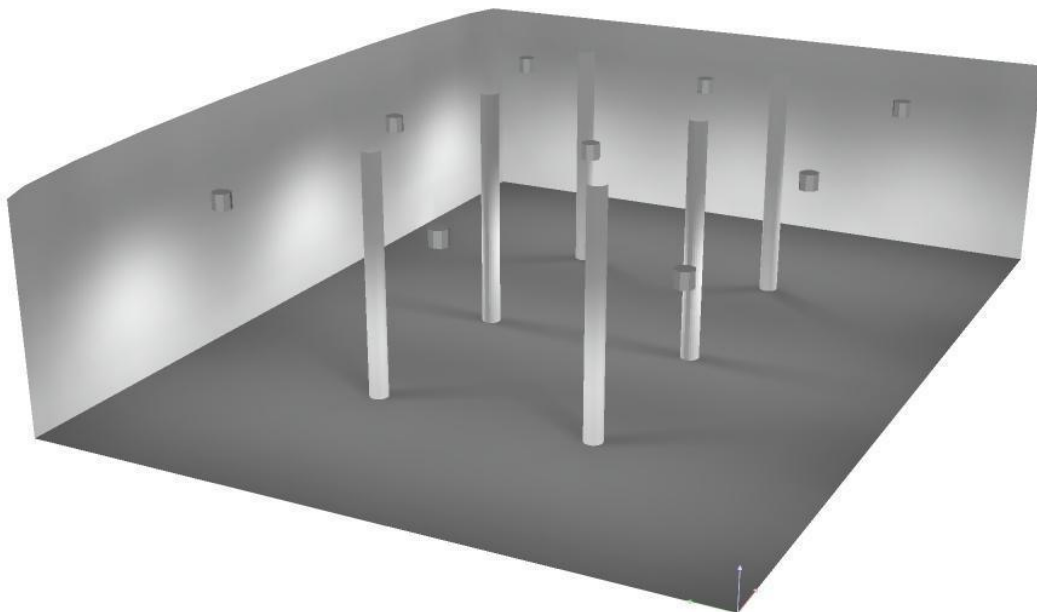
E_{min} / E_{max} : 0.247 (1:4)

Valor de eficiencia energética: $5.71 \text{ W/m}^2 = 2.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 432.00 m²)

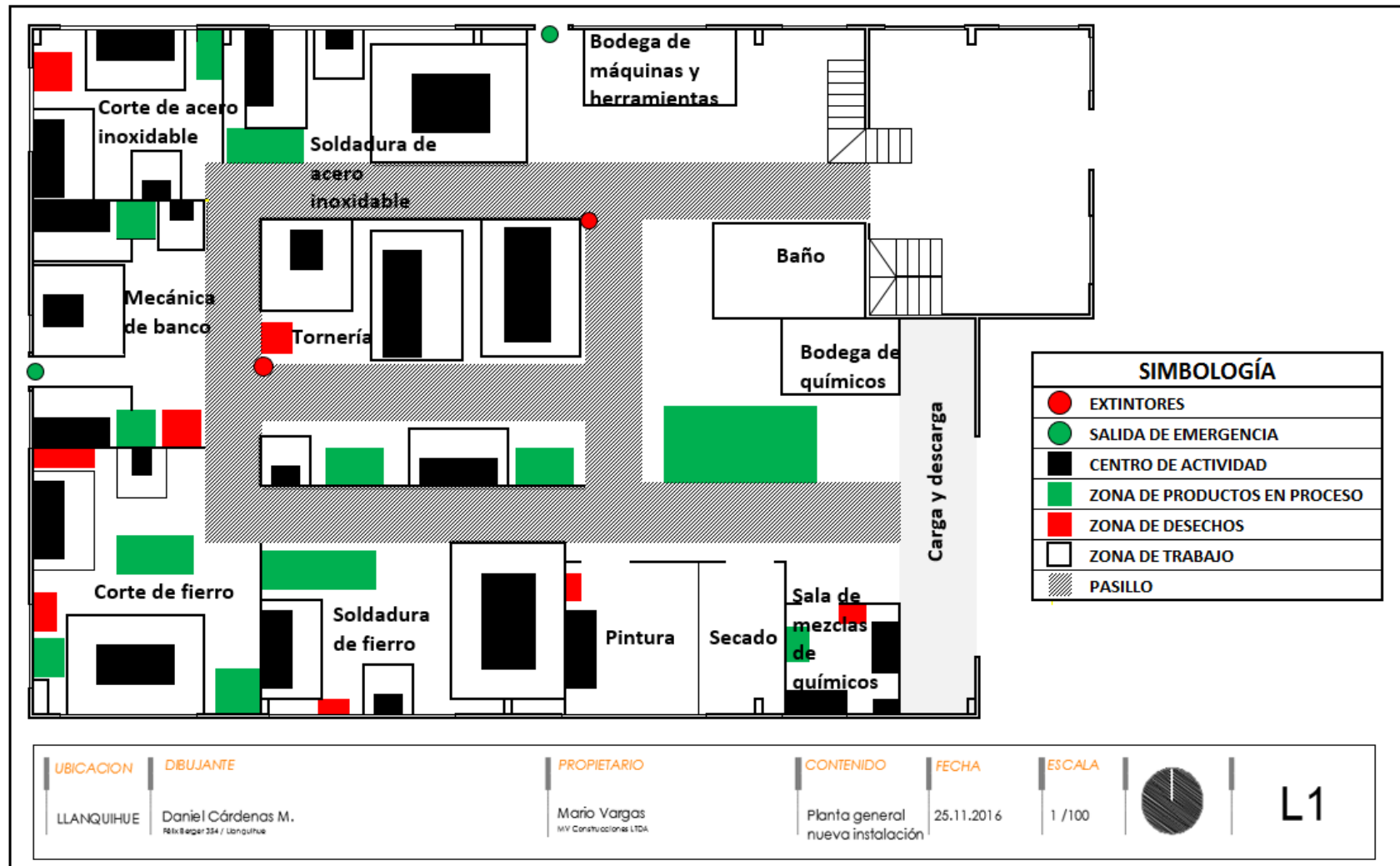


Proyecto elaborado por fredyuribe
Teléfono 984419308
Fax
e-Mail furibe.igor@gmail.com

taller / Rendering (procesado) en 3D



ANEXO P: Layout final planta general.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO Q: Planta alta de la nueva instalación



FUENTE: Elaboración propia.