



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN Y**  
**OPERACIONES**

**Diseño de planta para la empresa “Mecánica Precisa”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES**

**Autor:**

**PEDRO ESTEBAN PESÁNTEZ TOLEDO**

**Director:**

**ING. PEDRO JOSÉ CRESPO VINTIMILLA**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su apoyo incondicional y ejemplo diario de esfuerzo y dedicación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padres y familia que siempre confiaron en mí y me brindaron su ayuda y guía durante este trayecto.

Agradezco al personal docente de la Universidad del Azuay por su paciencia, motivación, criterio y aliento brindado en cada período, con un especial aprecio a los representantes de la escuela de Ingeniería de la Producción y Operaciones, que me ayudaron a superar mis debilidades y reforzar mis virtudes para enfrentar las siguientes etapas de la vida.

Finalmente, agradezco a la empresa Mecánica Precisa por permitirme desarrollar mis habilidades facilitándome el acceso a sus instalaciones y dedicando su tiempo y conocimientos, motivándome a crecer con un mejor enfoque.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>2</b>
1.1. La organización.....	3
1.1.1. Nombre y descripción de la organización.....	3
1.1.2. Productos principales.....	3
1.1.3. Misión y visión.....	5
1.1.4. Problemática.....	6
1.2. Diseño de instalaciones.....	9
1.2.1. Propósito y aspectos básicos.....	9
1.2.2. Técnicas de análisis de flujos.....	11
1.2.2.1.Diagrama de cuerdas.....	12
1.2.2.2.Tabla del proceso.....	15
1.2.2.3.Diagramas de flujo.....	17
1.2.2.4.Diseño y análisis de flujo asistido por computador.....	19
1.2.3. Tipos de distribuciones.....	20

1.2.3.1.Distribuciones básicas.....	20
1.2.3.2.Centros de trabajo.....	21
1.2.3.3.Línea de ensamble o producción.....	21
1.2.3.4.Celdas de manufactura.....	22
1.2.4. Manejo de materiales.....	23
1.2.4.1.Objetivos del manejo de materiales.....	23
1.2.4.2.Principios del manejo de materiales.....	24
1.2.4.3.Análisis y selección del equipo de manejo.....	24
1.2.5. Simulación y modelado en computadora.....	25
1.2.5.1.Software de diseño y simulación.....	26
1.3. Las 5 S's y los sistemas visuales.....	28
1.3.1. Control visual de planta.....	28
1.3.2. Las 5 S's.....	29
1.3.3. Kanban.....	29
1.3.3.1.Funciones del Kanban.....	30
1.3.3.2.Fases de implementación de Kanban.....	30
<b>CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE PROCESOS.....</b>	<b>31</b>
2.1. Introducción.....	31
2.2. El Macro-Proceso.....	31
2.2.1. De atención al cliente.....	32
2.2.2. De diseño.....	32
2.2.3. De compras.....	33
2.2.4. De manufactura.....	33
2.2.4.1.De construcción.....	33
2.2.4.2.De ensamble.....	76
2.2.4.3.De pruebas.....	80
2.3. Conclusiones.....	83

<b>CAPÍTULO III: DISEÑO DE INSTALACIONES</b> .....	84
3.1. Introducción.....	84
3.2. Objetivo principal del diseño de distribución de planta.....	84
3.2.1. Objetivos específicos.....	84
3.3. La distribución.....	85
3.3.1. Distribución actual.....	85
3.3.2. Análisis de los flujos.....	89
3.3.3. Diseño de la distribución.....	100
3.3.3.1. Proceso de construcción.....	100
3.3.3.2. Proceso de ensamble.....	106
3.3.3.3. Proceso de pruebas.....	108
3.4. La planta.....	110
3.4.1. Especificaciones de diseño.....	110
3.4.1.1. Estaciones de trabajo.....	111
3.4.1.2. Recepción y manejo de materiales.....	117
3.4.1.3. Almacenes.....	130
3.4.1.4. Sistemas visuales.....	134
3.4.2. Diagrama de distribución interna o Layout.....	145
3.4.2.1. Diagrama 2D y 3D.....	145
<b>CONCLUSIONES</b> .....	152
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	157
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	158
<b>ANEXOS</b> .....	159

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Matriz para troquelar y embutir base piramidal de aluminio para tubo cuadrado.....	3
Figura 1.2: Molde para inyección de zámak .....	4
Figura 1.3: Diseño de máquina para rolar plancha de hasta 1 mm .....	4
Figura 1.4: Molde para chocolate fabricado como maquila.....	5
Figura 1.5: Caja para fresas odontológicas .....	6
Figura 1.6: Prensa de 30 toneladas, puede usarse para servicio de subcontratación o producción propia.....	6
Figura 1.7: Planta de MecPrec luego de realizar el traslado de maquinaria .....	8
Figura 1.8: Mesa de trabajo con materia prima, insumos, trabajo en proceso, refrigerio, herramientas, etc.. .....	9
Figura 1.9: Área de trabajo con materia prima, trabajo en proceso, desperdicios, etc	9
Figura 1.10: Ruta de 5 partes .....	13
Figura 1.11: Diagrama de cuerdas (posición actual - ejemplo) .....	14
Figura 1.12: Diagrama de cuerdas (posición mejorada) .....	15
Figura 1.13: Figuras básicas de un diagrama de flujo.....	17
Figura 1.14: Tabla del proceso.....	18
Figura 1.15: Diagrama de flujo .....	19
Figura 1.16: AutoCAD Mechanical 2016 versión Factory Design.....	21
Figura 1.17: Distribución por centros de trabajo .....	22
Figura 1.18: Línea de producción o ensamble .....	23
Figura 1.19: Celda de manufactura de 4 estaciones y una mesa de trabajo .....	23
Figura 1.20: Diagrama 2D de una instalación e información acerca de una ruta de procesamiento en AutoCAD Mechanical 2016 versión Factory Design .....	27
Figura 2.1: Diagrama básico del macro-proceso Producción de matricería .....	31
Figura 2.2: Plano para construcción de matriz.....	32
Figura 2.3: Diagrama general de componentes de matricería.....	34
Figura 2.4: Lista de componentes de fabricación y adquiridos por MecPrec .....	35
Figura 2.5: Tipos de especificaciones para maquinado.....	35
Figura 2.6: Hoja de ruta de la Base.....	38
Figura 2.7: Hoja de ruta de la Tapa.....	40

Figura 2.8: Hoja de ruta de los Bujes .....	41
Figura 2.9: Hoja de ruta de los Ejes .....	42
Figura 2.10: Partes del bastidor.....	43
Figura 2.11: Hoja de ruta del Punzón.....	46
Figura 2.12: Punzón.....	46
Figura 2.13: Hoja de ruta de la Matriz.....	48
Figura 2.14: Matriz.....	49
Figura 2.15: Matriz.....	50
Figura 2.16: Hoja de ruta de las Guías.....	52
Figura 2.17: Hoja de ruta de los Topes.....	53
Figura 2.18: Hoja de ruta del Pisa-plancha.....	54
Figura 2.19: Diagrama básico de la ubicación de la maquinaria .....	55
Figura 2.20: Diagrama de flujo para la recepción de materiales.....	57
Figura 2.21: Diagrama de flujo para la base .....	58
Figura 2.22: Diagrama de flujo para la tapa.....	59
Figura 2.23: Diagrama de flujo para los ejes .....	60
Figura 2.24: Diagrama de flujo para los bujes.....	61
Figura 2.25: Diagrama de flujo para el punzón.....	62
Figura 2.26: Diagrama de flujo para la matriz .....	63
Figura 2.27: Diagrama de flujo para las guías .....	64
Figura 2.28: Diagrama de flujo de los topes .....	65
Figura 2.29: Diagrama de flujo del pisa-plancha .....	66
Figura 2.30: Tabla del proceso.....	67
Figura 2.31: Gráfica de ensamble de matricería mixta .....	76
Figura 2.32: Diagrama de la planta con estaciones de trabajo y contenedores de herramientas .....	77
Figura 2.33: Diagrama de flujo para ensamble de matricería mixta .....	78
Figura 2.34: Diagrama de flujo del proceso de ensamble.....	80
Figura 2.35: Diagrama de flujo para el proceso de matricería complementaria .....	81
Figura 3.1: Plano del terreno .....	85
Figura 3.2: Diagrama 2D de la planta con la ubicación actual de la maquinaria y equipos .....	86
Figura 3.3: Diagrama 3D de la planta actual.....	87

Figura 3.4: Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de estaciones de trabajo.....	89
Figura 3.5: Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de productos ....	90
Figura 3.6: Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de rutas de fabricación.....	91
Figura 3.7: Simulación de movimientos para el proceso de construcción en la distribución actual .....	93
Figura 3.8: Simulación de movimientos del proceso de ensamble .....	95
Figura 3.9: Simulación proceso de pruebas .....	97
Figura 3.10: Simulación proceso de construcción con redistribución 1 .....	101
Figura 3.11: Simulación del proceso de construcción con redistribución 2 .....	103
Figura 3.12: Simulación proceso de ensamble con redistribución.....	105
Figura 3.13: Simulación del proceso de pruebas con redistribución .....	107
Figura 3.14: Centro de torneado.....	109
Figura 3.15: Centro de fresado.....	110
Figura 3.16: Centro de rectificado .....	111
Figura 3.17: Centro de pruebas / producción.....	111
Figura 3.18: Equipo de suelda.....	112
Figura 3.19: Centro de suelda .....	113
Figura 3.20: Estación de armado.....	113
Figura 3.21: Estación de armado.....	114
Figura 3.22: Equipo de manejo de materiales actual .....	115
Figura 3.23: Matriz para embutir tapa para tanques de gas estacionario .....	116
Figura 3.24: Matriz para troquelar agujeros en balde de carretilla .....	116
Figura 3.25: Diagrama de fuerzas aplicadas sobre la viga.....	118
Figura 3.26: Diagrama de cuerpo libre - Viga .....	119
Figura 3.27: Diagrama de cuerpo libre con carga puntual .....	120
Figura 3.28: Corte primer tramo ( $0 \leq X \leq 3.01$ ) .....	120
Figura 3.29: Corte segundo tramo ( $3.01 \leq X \leq 3.25$ ).....	121
Figura 3.30: Corte tercer tramo ( $3.25 \leq X \leq 3.49$ ).....	122
Figura 3.31: Momento obtenido mediante software.....	124
Figura 3.32: Ilustración de la deflexión simulada en computador.....	126
Figura 3.33: Puente grúa .....	127
Figura 3.34: Almacén de materiales y partes .....	128

Figura 3.35: Sección para muestras, equipos de medición y componentes adquiridos.....	129
Figura 3.36: Almacén de componentes hidráulicos, neumáticos y eléctricos.....	130
Figura 3.37: Distribución de centros de trabajo, almacenes, equipo de manejo de materiales, extintor y salidas de emergencia.....	132
Figura 3.38: Señalización planta y equipos.....	133
Figura 3.39: Hoja de trabajo en proceso .....	135
Figura 3.40: Hoja de reproceso .....	136
Figura 3.41: Tablero de herramientas .....	136
Figura 3.42: Tablero de herramientas .....	137
Figura 3.43: Tablero de herramientas .....	137
Figura 3.44: Tanques de aceite y combustibles .....	138
Figura 3.45: Almacén de pinturas, aceites y combustibles .....	139
Figura 3.46: Área destinada al almacenamiento de pintura, combustibles y aceites	139
Figura 3.47: Equipos de procesamiento extra .....	140
Figura 3.48: Centro de corte.....	140
Figura 3.49: Diagrama 2D de la instalación.....	142
Figura 3.50: Celda de manufactura .....	143
Figura 3.51: Línea de producción o centro de pruebas .....	144
Figura 3.52: Zona de despacho .....	144
Figura 3.53: Almacenes de materia prima y herramientas.....	145
Figura 3.54: Equipo de manejo de materiales visto desde la entrada .....	146
Figura 3.55: Diagrama 2D del espacio administrativo.....	147
Figura 3.56: Oficinas.....	148
Figura 4.1: VSM Mecánica Precisa - Abril 2014.....	151
Figura 4.2: VSM Mecánica Precisa – Proyección Junio 2016.....	152

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Etapas recorridas en la primera distribución.....	15
Tabla 1.2: Etapas recorridas en la segunda distribución .....	16
Tabla 2.1: Símbolos para diagramación de flujos .....	56
Tabla 2.2: Tabla del proceso de la base .....	68
Tabla 2.3: Tabla del proceso de la tapa.....	69
Tabla 2.4: Tabla del proceso de los bujes .....	70
Tabla 2.5: Tabla del proceso para los ejes .....	70
Tabla 2.6: Tabla del proceso para la matriz .....	71
Tabla 2.7: Tabla de proceso para el punzón.....	72
Tabla 2.8: Tabla del proceso para los topes .....	73
Tabla 2.9: Tabla del proceso para las guías .....	74
Tabla 2.10: Tipo de maquinaria requerida para el proceso de pruebas de matricería	79
Tabla 3.1: Parámetros de medición del transporte .....	92
Tabla 3.2: Resultados de la simulación del proceso de construcción .....	94
Tabla 3.3: Resultados de la simulación del proceso de ensamble.....	96
Tabla 3.4: Resultados de la simulación del proceso de pruebas .....	98
Tabla 3.5: Centros de trabajo creados .....	99
Tabla 3.6: Resultados de la simulación del proceso de construcción con la nueva ubicación .....	102
Tabla 3.7: Resultados de la simulación del proceso de ensamble con redistribución.....	106
Tabla 3.8: Resultados de la simulación del proceso de pruebas con redistribución	108
Tabla 3.9: Pesos de productos .....	117
Tabla 3.10: Almacenes reasignados – Centros de trabajo.....	127
Tabla 3.11: Almacenes para materiales y componentes .....	128

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Procedimiento para crear Tabla del proceso.....	155
Anexo 2: Procedimiento para crear un Diagrama de flujo.....	158
Anexo 3: Tarjetas KANBAN.....	159

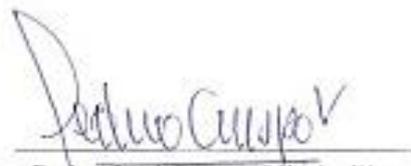
**DISEÑO DE PLANTA PARA LA EMPRESA "MECÁNICA PRECISA"**

**RESUMEN**

En el presente trabajo de titulación se ha realizado un estudio de movimientos al macro proceso de la empresa "Mecánica Precisa", la construcción de matricería; el análisis del proceso y la planta permitió identificar la secuencia de procesamiento de los componentes, los desperdicios generados por movimientos y la falta de espacio. Mediante una revisión teórica sobre el diseño de instalaciones de manufactura y servicios y la aplicación de herramientas de diseño asistido por computador se desarrolló un modelo de fábrica óptimo para este tipo de proceso, soportado con herramientas de control visual, direccionando a la empresa hacia el mejoramiento continuo y al manejo bajo procesos.

**Palabras clave:**

Diseño de instalaciones, movimientos, desperdicios, espacio, diseño asistido por computador, mejoramiento continuo, fabrica visual.



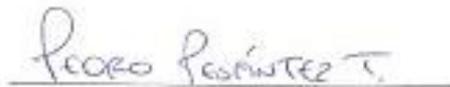
Pedro José Crespo Vintimilla

**Director de Trabajo de Titulación**



Pedro José Crespo Vintimilla

**Director de Escuela**



Pedro Esteban Pesántez Toledo

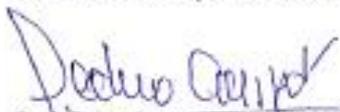
**Autor**

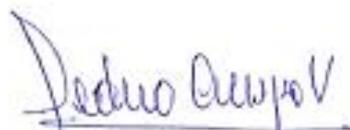
## PLANT DESIGN FOR "MECÁNICA PRECISA" COMPANY

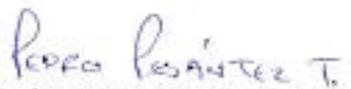
### ABSTRACT

This graduation work deals with a study of movements to the tooling construction macro process of "Mecánica Precisa" Company. The analysis of the process and of the plant allowed identifying the components processing sequence, the waste generated by movements, and the lack of space. Through a theoretical review of the design of manufacturing and services facilities, and by the application of computer-aided design tools, it was possible to develop an optimal factory model supported with visual control tools for this type of process; directing the company towards continuous improvement and to a process-management model.

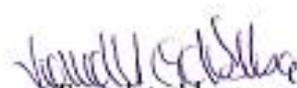
**Keywords:** Facilities Design, Movements, Waste, Space, Computer-Aided Design, Continuous Improvement, Visual Factory.

  
Pedro José Crespo Vintimilla  
**Thesis Director**

  
Pedro José Crespo Vintimilla  
**School Director**

  
Pedro Esteban Pesántez Toledo  
**Author**

  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
**Lic. Lourdes Crespo**

Pesántez Toledo Pedro Esteban

Trabajo de Titulación

Ing. Pedro José Crespo Vintimilla

Noviembre, 2016

## **DISEÑO DE PLANTA PARA LA EMPRESA “MECÁNICA PRECISA”**

### **INTRODUCCIÓN**

En el pasado las industrias desarrollaron sus procesos conforme a los requerimientos aleatorios y crecientes del cliente, creando talleres con la única función de producir artefactos para el consumidor sin considerar los factores importantes para un desempeño exitoso, es decir, la organización de sus procedimientos, el ambiente laboral, el enfoque del personal y la disposición de los equipos, por mencionar algunos.

El diseño de instalaciones surge de la necesidad de obtener una mejor productividad ya sea en una empresa manufacturera o de servicios. Dicha mejora puede ser planeada para el corto, mediano o largo plazo, dependiendo de la estrategia, visión y misión vigentes en una organización; la productividad basada en el diseño de una instalación dependerá del enfoque de planeación, ya que puede abarcar la construcción de una nueva nave, ampliación de una actual, o simplemente el reacondicionamiento del entorno donde se desarrollan los procesos o servicios actuales.

Siendo estas las principales razones para obtener una mejor productividad, se presenta la siguiente propuesta de diseño de instalaciones, la cual fue elaborada mediante un estudio descriptivo y evaluativo del proceso de manufactura de Mecánica Precisa, con la finalidad de obtener un mejor ambiente laboral y un menor tiempo de respuesta, reduciendo los desperdicios generados por la desorganización e ineficiente ubicación de los equipos.

Mecánica Precisa tuvo un cambio localización aproximadamente hace tres años por las razones mencionadas de estrategia y enfoque, ubicándose en la zona industrial de la ciudad; la demanda de aquel tiempo ocasionó que la distribución interna sea ineficiente, teniendo la maquinaria ubicada en función del espacio y comodidad, más no posicionadas conforme a las rutas de procesamiento de sus componentes y movimientos generados.

A partir de esta hipótesis se planteó la siguiente secuencia metodológica para el desarrollo del proyecto:

- Realizar un análisis de la situación actual de la empresa y de la información teórica relevante para el proyecto.
- Conocer a detalle los movimientos generados durante el proceso de manufactura y sus causas.
- Mediante software desarrollar un diseño de planta conforme a los requerimientos identificados actuales y futuros.

Finalizado el diseño tentativo de la instalación, se propone realizar la redistribución para incrementar la capacidad de la planta y reducir el esfuerzo realizado por el personal, así la empresa conseguirá direccionarse de acuerdo a su plan estratégico para el período actual y podrá iniciar el proceso de mejora continua.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

#### 1.1. La organización

Para iniciar el estudio es importante conocer la empresa, su giro de negocio, los productos principales que ofrece, su meta y la problemática existente.

##### 1.1.1. Nombre y descripción de la organización

Mecánica Precisa o su abreviatura MecPrec, es una empresa con 13 años de experiencia dedicada al diseño, construcción y mantenimiento de matricería y maquinaria hidráulica o neumática para procesos de manufactura o afines, también ofrece servicio de maquila y asesoría en cuanto a desarrollo de procesos.

##### 1.1.2. Productos principales

La empresa actualmente ofrece algunos tipos de productos, principalmente el diseño y fabricación de matricería, el diseño o rediseño de maquinaria pequeña y mediana para procesos de manufactura. En cuanto a matricería existen 4 tipos de productos que se ofrece, el primero matricería para troqueles, el segundo para embutición, el tercero una combinación de los dos anteriores, es decir matricería para troquelar y embutir en una sola operación, y el cuarto tipo de producto los moldes para inyección; estos productos pueden fabricarse para diferentes productos conforme los requerimientos del cliente.



Figura 1.1 Matriz para troquelar y embutir base piramidal de aluminio para tubo cuadrado.



Figura 1.2 Molde para inyección de zámag.

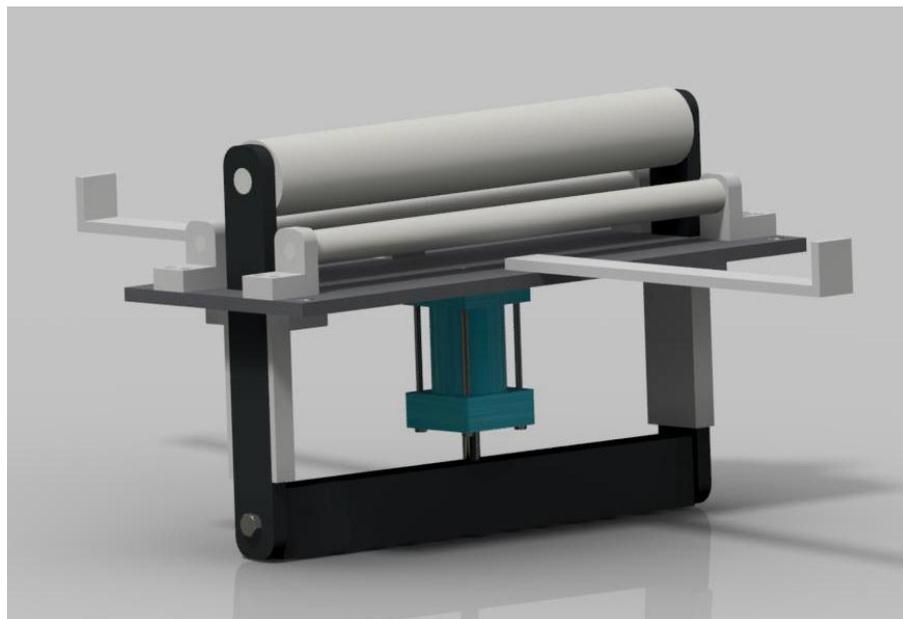


Figura 1.3 Diseño de máquina para rolar plancha de hasta 1 mm.

Además, se tiene servicio de prensa de 100, 60 y 15 toneladas, para pedidos de subcontratación. En las siguientes ilustraciones se puede apreciar algunos productos realizados como maquila y de producción propia y la máquina donde fueron procesados:



Figura 1.4 Molde para chocolate fabricado como maquila.



Figura 1.5 Caja para fresas odontológicas.



Figura 1.6 Prensa de 30 toneladas, puede usarse para servicio de subcontratación o producción propia.

### 1.1.3. Misión y visión

- **Visión:** “Crecer en el mercado de la matricería desarrollando nuevos productos y ampliando nuestra cartera en un horizonte de tres años, para posicionarnos como marca a partir del liderazgo, trabajo en equipo y el esfuerzo continuo en el desarrollo de soluciones para los procesos de la industria manufacturera, y cubrir necesidades existentes del mercado con producción nacional de calidad a precios competitivos.

Ser una empresa comprometida en el desarrollo íntegro, intelectual y leal de nuestros colaboradores.”

- **Misión:** “Somos una empresa que diseña y construye matricería con métodos y sistemas que mejoran el desempeño de los procesos de producción en la industria manufacturera, que busca un desarrollo tecnológico para posicionarse en el mercado nacional de partes, piezas y repuestos, siendo productivos y fomentando el compromiso de nuestros colaboradores y el trabajo en equipo para nuestro crecimiento en el sector industrial.”

(Pesántez, 2015)

### 1.1.4. Problemática

La empresa desde su inicio trabajó con una distribución y gestión de sus procesos inadecuada, sus operaciones se realizaban conforme el pedido se hacía, el personal realizaba sus actividades sin considerar los desperdicios que se generaban y el desorden que se ocasionaba. Al iniciar nuevamente las operaciones de otro pedido la disponibilidad de recursos se veía afectada por los descuidos ocasionados anteriormente.

Tiempo después, surgió la necesidad de cambiarse de instalaciones, por lo que la organización adquirió una nueva nave más amplia; la urgencia que ocurrió en ese entonces ocasionó que la maquinaria se ubicase de manera aleatoria sin considerar el estudio necesario para obtener una distribución eficiente.

En la siguiente ilustración se puede apreciar la distribución de la maquinaria después de haber realizado el cambio a la nueva planta:



Figura 1.7 Planta de MecPrec luego de realizar el traslado de maquinaria.

Actualmente la dirección cuenta con herramientas y personal para gestionar el funcionamiento de sus procesos, razón por la cual se ha empezado a mejorar el ambiente laboral y el desarrollo de sus actividades.

Surge la necesidad de optimizar los recursos y mano de obra ya que la observación diaria del proceso permite identificar demasiados movimientos innecesarios de personal y materiales, causados por el desorden de la maquinaria y herramientas, el descuido y mala costumbre del personal y la mala asignación de áreas y espacios.

Un ejemplo de esto en las siguientes ilustraciones:



Figura 1.8 Mesa de trabajo con materia prima, insumos, trabajo en proceso, refrigerio, herramientas, etc.



Figura 1.9 Área de trabajo con materia prima, trabajo en proceso, desperdicios, etc.

El principal desperdicio es el uso del tiempo entre actividades del proceso; exceso de movimientos a través de la planta en búsqueda de herramientas y materiales, largos movimientos entre estaciones de trabajo y el manejo de materiales sin los equipos adecuados son las causas más frecuentes.

## **1.2. Diseño de instalaciones**

Para una adecuada obtención y manejo de información se requiere de conocimiento, herramientas y técnicas.

### **1.2.1. Propósito y aspectos básicos**

El propósito general del diseño de instalaciones es contribuir a alcanzar la meta de la organización. El diseño de instalaciones se refiere a la organización de las instalaciones físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos; incluye la ubicación de la planta y el diseño del inmueble, la distribución de la planta y el manejo de materiales. (Fred & Matthew, 2001)

Para alcanzar la meta de la organización, el incremento de la productividad dependerá de la calidad del diseño de las instalaciones, para ello se deberá realizar una buena recolección y análisis de datos básicos. A continuación, se muestra un procedimiento para realizar un diseño adecuado; los pasos que más se adecúen al caso se seleccionarán para su uso:

1. Determinar lo que se producirá
2. Calcular cuántos artículos se producirán por unidad de tiempo.
3. Definir qué partes se fabricarán o comprarán terminadas.
4. Determinar cómo se fabricará cada parte.
5. Determinar la secuencia de ensamblado.
6. Establecer estándares de tiempo para cada operación.
7. Determinar la tasa de la planta (tiempo de procesamiento).
8. Calcular el número de máquinas necesarias.
9. Balancear las líneas de ensamble o celdas de trabajo.
10. Estudiar los patrones de flujo de material para establecer cuál es el mejor (la distancia más corta a través de la instalación).
11. Determinar las relaciones entre actividades.
12. Hacer la distribución de cada estación de trabajo.
13. Identificar la necesidad de servicios para el personal y la planta, y proporcionar el espacio requerido.
14. Identificar las necesidades de oficina y hacer la distribución necesaria.
15. Desarrollar los requerimientos de espacio total a partir de la información anterior.
16. Seleccionar el equipo de manejo de materiales.

17. Asignar el área de acuerdo con el espacio necesario y las relaciones de actividades establecidas en el punto 11.
18. Desarrollar un gráfico y la forma de construcción.
19. Construir un plan maestro.
20. Buscar fallas y ajustar.
21. Buscar las aprobaciones, acepte los consejos y cambie lo necesario.
22. Instalar la distribución.
23. Comenzar la producción.
24. Ajuste lo que se requiera y finalice el reporte del proyecto y desempeño presupuestal. (Fred & Matthew, 2001)

Como se indicó en el listado anterior, el procedimiento para el diseño de una instalación es extenso debido a que el proceso completo parte desde identificar un producto para fabricar; en nuestro caso la planta ya está instalada y los productos que se fabrican están definidos, por lo que sólo los siguientes pasos se ajustarán al desarrollo de nuestro estudio:

1. Definir qué partes se fabricarán o comprarán terminadas. (3)
2. Determinar cómo se fabricará cada parte. (4)
3. Determinar la secuencia de ensamblado. (5)
4. Estudiar los patrones de flujo de material para establecer cuál es el mejor (la distancia más corta a través de la instalación). (10)
5. Hacer la distribución de cada estación de trabajo. (12)
6. Seleccionar el equipo de manejo de materiales. (16)
7. Asignar el área de acuerdo con el espacio necesario. (17)
8. Desarrollar un gráfico y la forma de construcción. (18)
9. Construir un plan maestro. (19)

Establecida la guía para el desarrollo adecuado del estudio, se identificará las herramientas y técnicas para análisis de flujos, así se podrá evaluar la situación actual y seleccionar el tipo de distribución que ofrezca el máximo desempeño de la planta.

### **1.2.2. Técnicas de análisis de flujos**

El análisis de flujos es el corazón de la planta y el comienzo del plan de manejo de materiales. El flujo de una parte es la trayectoria que ésta sigue mientras se mueve a través de la planta; el análisis de flujo no sólo considera la trayectoria que cada parte sigue por la planta, sino también trata de minimizar: 1. La distancia que viaja, 2. Los retrocesos, 3. El tráfico cruzado, y 4. El costo de producción. El flujo de partes y, por tanto, las distribuciones de la planta diferirán en gran medida con los dos tipos básicos de orientación de la distribución de las instalaciones: la orientada al proceso y la orientada al producto. Las distribuciones orientadas al producto tendrán menos de todo en comparación con las orientadas al proceso, pero un gran número de partes o productos diferentes con etapas de proceso variables pueden dictar una distribución orientada al proceso. (Fred & Matthew, 2001, p.136)

Para un óptimo estudio de los movimientos en la planta se requerirá de varias herramientas para el levantamiento y análisis de datos. La obtención de información hace referencia a diagnosticar la situación actual de la planta, es decir, la distribución instalada y los flujos existentes. Para obtener dicha información se requiere principalmente de conocer el proceso y manejar las siguientes herramientas y métodos:

- Dibujo técnico (Software de diseño 2D)
- Hojas de ruta
- Gráficas de ensamble
- Diagramas de flujo.

Con estas herramientas se podrá obtener los datos necesarios para iniciar el análisis de la distribución y los flujos. Para nuestro caso se considerará que la distribución está orientada al proceso por el número de componentes del producto y por su variabilidad de fabricación.

El estudio del flujo de partes individuales da por resultado el arreglo de máquinas y estaciones de manufactura. La fuente principal de información son las hojas de ruta. (Fred & Matthew, 2001, p.140)

Para establecer el mejor arreglo se pueden usar las siguientes técnicas:

- Diagrama de cuerdas
- Tabla de proceso
- Diagramas de flujo
- Diseño y análisis asistido por computador.

Estas técnicas permitirán secuenciar las estaciones de manera que su utilización sea la más eficiente. A continuación, se estudiarán cada una de ellas.

### 1.2.2.1. Diagrama de cuerdas

En este diagrama se indica el flujo que tiene cada producto a través de las estaciones, éstas se representan con círculos, uno seguido de otro conforme la distribución que se tenga, la secuencia de operaciones se hace hacia adelante y se representa con una línea por encima de los círculos, y cuando se requiere regresar de estación la línea irá por debajo de los mismos. En las siguientes ilustraciones se indica la aplicación de esta metodología:

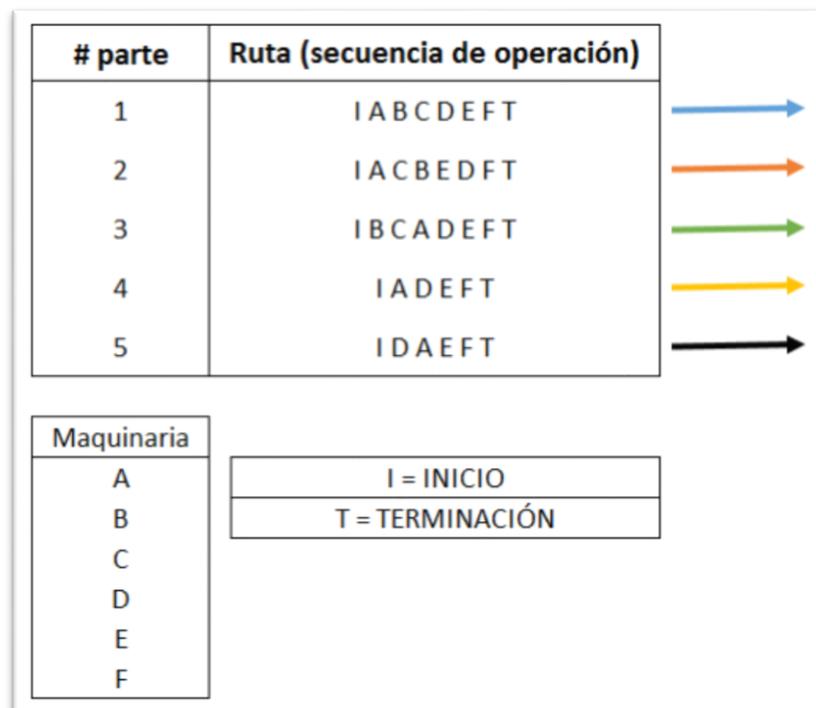


Figura 1.10 Ruta de 5 partes.

Esta es la ruta de 5 partes de un producto genérico a través de las estaciones de trabajo, con esta información se puede realizar el diagrama que se tiene a continuación:

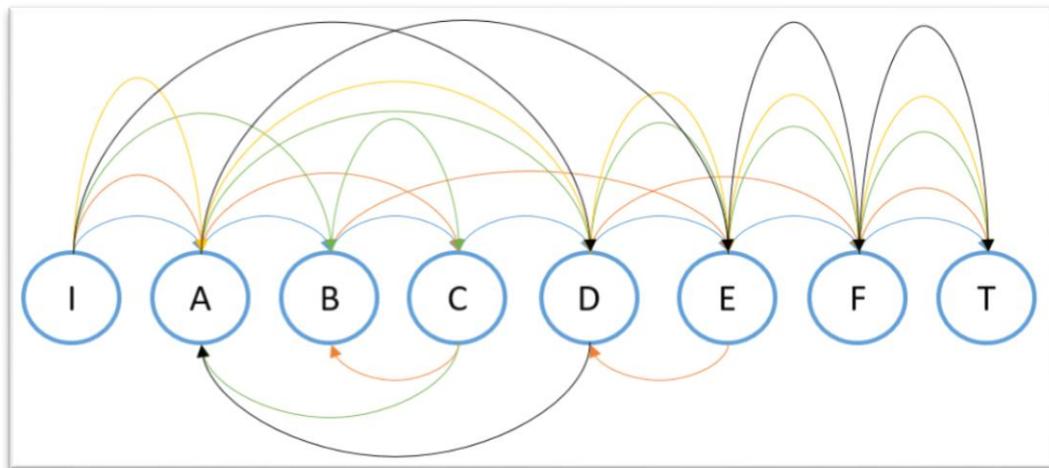


Figura 1.11 Diagrama de cuerdas (posición actual - ejemplo).

Este diagrama nos indica los avances y retrocesos que tiene cada parte para su fabricación, el número de líneas que une a cada círculo representa el cambio de operación.

Ahora bien, para identificar la mejor distribución se hace la siguiente consideración:

Cada parte podría moverse siete etapas para terminar la secuencia, por lo que una distribución perfecta requeriría que se moviera cada parte sólo siete etapas, que multiplicadas por 5, da igual a 35 etapas. Una etapa es el salto del centro de un círculo a otro, si se salta un círculo se requerirán dos etapas. (Fred & Matthew, 2001)

A continuación, se tiene una tabla con el número de etapas realizadas por cada parte en la primera distribución, así se podrá realizar el análisis de la eficiencia obtenida:

Tabla 1.1 Etapas recorridas en la primera distribución.

# de parte	# de etapas recorridas
1	7
2	11
3	11
4	7
5	13
	<b>49</b>

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{\# de etapas \u00f3ptimo}}{\text{\# de etapas realizado}} = \frac{35}{49} = 71\%$$

Como se mencion\u00f3, la cantidad \u00f3ptima es de 35 movimientos para todas las partes y en la tabla se pudo observar que esa distribuci\u00f3n tuvo 49 movimientos ofreciendo una eficiencia del %71. Ahora, para obtener mayor eficiencia se deber\u00e1 reubicar las estaciones de manera que se realicen menor cantidad de movimientos, como se indica en la siguiente ilustraci\u00f3n:

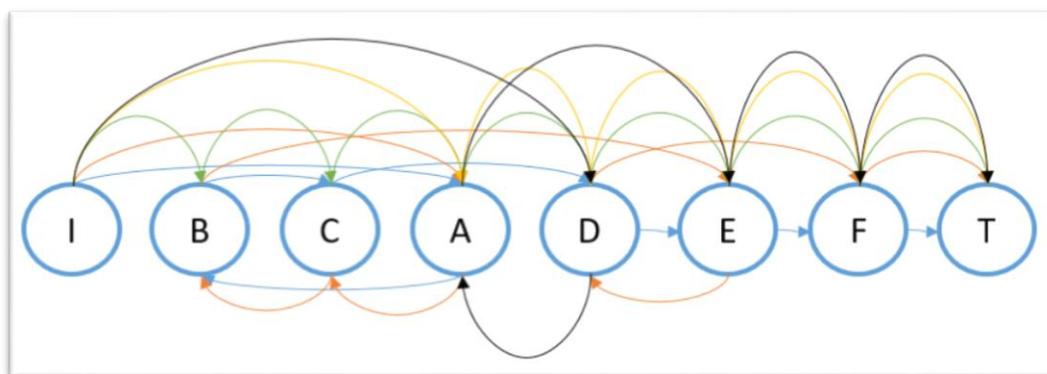


Figura 1.12 Diagrama de cuerdas (posici\u00f3n mejorada).

Se ha realizado un cambio de ubicación de las estaciones A, B y C, para encontrar la eficiencia de la nueva distribución debe repetirse el proceso de cálculo, a continuación, se muestran los resultados:

Tabla 1.2 Etapas recorridas en la segunda distribución.

# de parte	# de etapas recorridas
1	11
2	13
3	7
4	7
5	9
	<b>47</b>

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{\# de etapas \u00f3ptimo}}{\text{\# de etapas realizado}} = \frac{35}{47} = 74\%$$

Se observa que la segunda distribuci\u00f3n obtuvo un %3 m\u00e1s de eficiencia; el nivel de eficiencia que se alcance depender\u00e1 de la ubicaci\u00f3n que se d\u00e9 a las estaciones, las rutas de procesamiento guiar\u00e1n este proceso.

#### 1.2.2.2. Tabla del proceso

La tabla del proceso est\u00e1 dise\u00f1ada para registrar todo lo que ocurre con una parte desde el instante que llega a la planta hasta que est\u00e1 lista para ensamblarse con las dem\u00e1s. Para la representaci\u00f3n de cada actividad se usar\u00e1n los s\u00edmbolos b\u00e1sicos de los diagramas de flujo indicados en la siguiente figura:

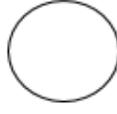
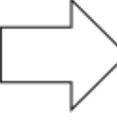
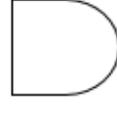
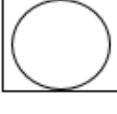
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Operación, trabajo sobre la parte.
	Transporte, movimiento de la parte.
	Inspección, control de la calidad, trabajo sobre el producto.
	Demora, almacenamiento muy breve por lo general en la estación de manufactura; contenedores de partes de entrada tanto como de salida.
	Almacenamiento, almacenes, bodega, trabajo en proceso.
	Operación combinada con inspección.

Figura 1.13 Figuras básicas de un diagrama de flujo.  
Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura.

El desarrollo de esta tabla conllevará a registrar la información de todas las partes en un solo formato, esto permitirá al diseñador de instalaciones preguntarse el por qué, quién, qué, dónde, cuándo y cómo de cada operación, transporte, inspección, almacenamiento y demora. (Fred & Matthew, 2001)

En la siguiente ilustración se indica el formato básico de esta tabla:

MecPrec		TABLA DE PROCESO										
<input type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA:		PÁGINA DE								
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:												
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:												
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACION	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACENAMIENTOS	DIST. mts.	CANTIDAD	HORAS/ UNIDAD	COSTO/ UNIDAD	CALCULOS DE TIEMPO / COSTO
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						
			○ →	□	D	▽						

Figura 1.14 Tabla del proceso.

Una vez comprendidas las respuestas a las preguntas mencionadas, el diseñador podrá hacerse las siguientes:

- ¿Puede eliminarse esta etapa?
- ¿Es posible automatizar esta etapa?
- ¿Podría combinarse con otra etapa?
- ¿Es posible cambiar las rutas para reducir las distancias de viaje?
- ¿Las estaciones podrían agruparse más cerca?
- ¿Se pueden justificar los apoyos a la producción para incrementar la productividad?
- ¿Cuánto cuesta producir esta parte?

Con el seguimiento correcto de esta metodología se podrá hacer un análisis para encontrar soluciones eficientes para la distribución. El procedimiento para desarrollar esta tabla se encuentra en el anexo 1 al final de este documento.

### 1.2.2.3. Diagramas de flujo

Las actividades asociadas a un proceso con frecuencia se afectan unas a otras, por lo cual es importante considerar el desempeño simultáneo de una serie de actividades que operan todas al mismo tiempo. Una forma aconsejable de empezar a analizar un proceso es haciendo un diagrama que muestre los elementos básicos de un proceso,

por lo general, las tareas, los flujos y las zonas de almacenamiento. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2008)

En la siguiente ilustración se muestra un diagrama de flujo:

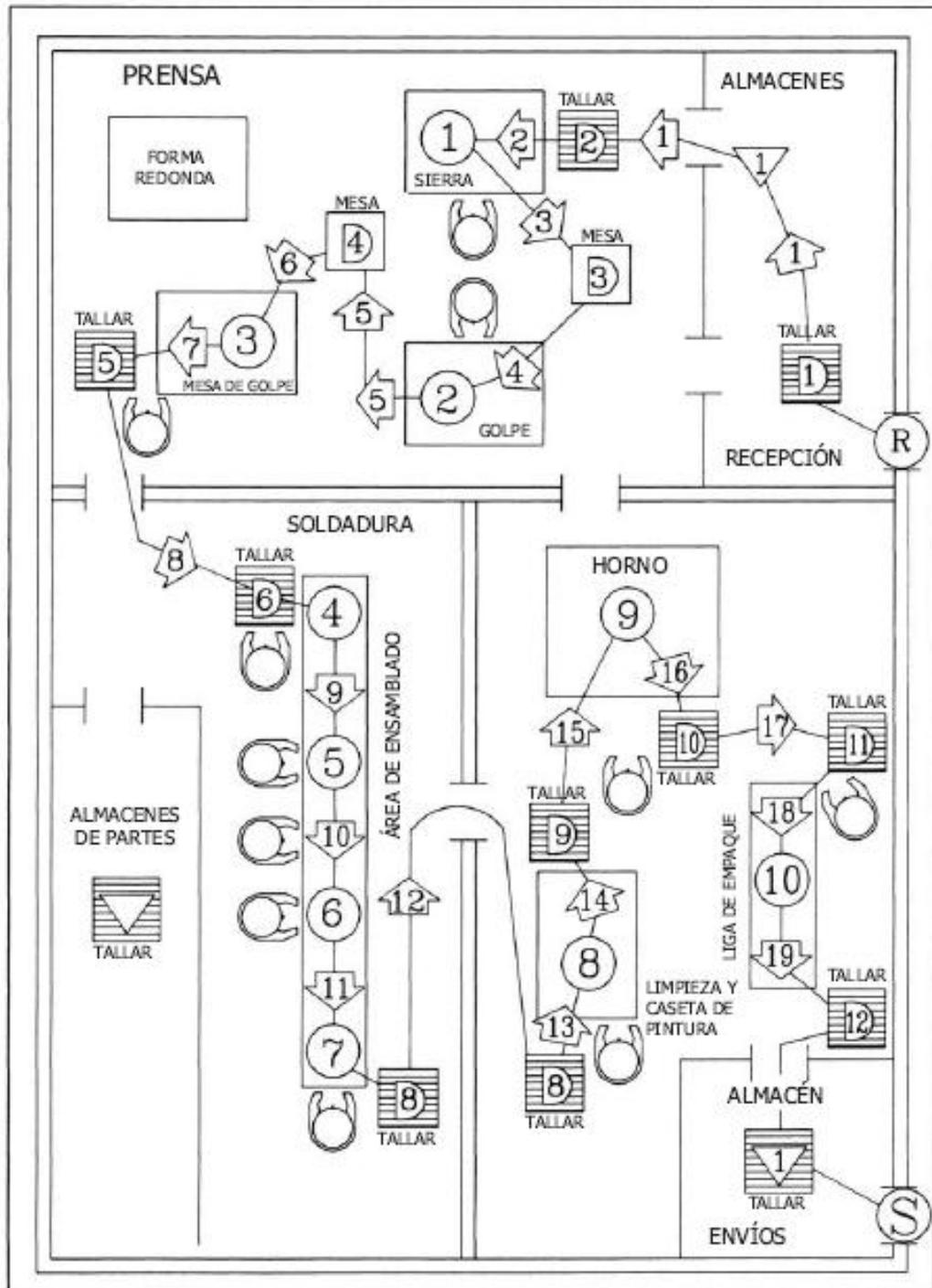


Figura 1.15 Diagrama de flujo.  
Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura.

- **Distancia recorrida**

El diagrama de flujo se desarrolla sobre una distribución, y es fácil darle una escala para calcular la distancia de recorrido. Con el reacomodo de las máquinas o departamentos es posible disminuir las distancias de viaje. El diagrama de flujo se desarrolla a partir de la información de la hoja de ruta, el balanceo de la línea de ensamble y los planos. Con la secuencia específica de fabricación de cada parte se puede hacer el análisis para cambiarla y adaptarla a la distribución, porque esto sólo requiere de cambios en papel. Pero si la secuencia de operaciones no puede modificarse, quizá sea necesario mover los equipos. El objetivo siempre será “hacer una parte de alta calidad del modo más barato y eficiente posible”. (Fred & Matthew, 2001)

El procedimiento para desarrollar un diagrama de flujo se encuentra en el anexo 2 al final de este documento.

#### **1.2.2.4. Diseño y análisis de flujo asistido por computador**

Las computadoras y los paquetes de software más recientes pueden auxiliar en el diseño y análisis de flujo de materiales en las instalaciones de manufactura. El uso de esta tecnología le permite considerar y evaluar muchas configuraciones sin incurrir en la inversión del reacomodo físico de las instalaciones en la búsqueda de alcanzar un nivel óptimo de eficiencia y flujo de materiales. (Fred & Matthew, 2001)

Estos sistemas permiten investigar varios escenarios haciendo, con facilidad, cambios en la distribución, las rutas, los volúmenes de producción, los sistemas de manejo de materiales y muchas otras variables. Los resultados de dichos cambios se ven de inmediato y se puede obtener un reporte. La capacidad de manipular fácilmente las variables del sistema le permiten:

- Rediseñar el flujo de materiales
- Eliminar o reducir en forma significativa el manejo sin valor agregado
- Reducir la distancia total que viaja la parte o producto
- Reducir los inventarios de trabajos en proceso
- Evaluar sistemas alternativos de manejo de materiales

En la siguiente ilustración se indica uno de los softwares para diseño de instalaciones y flujo de materiales:

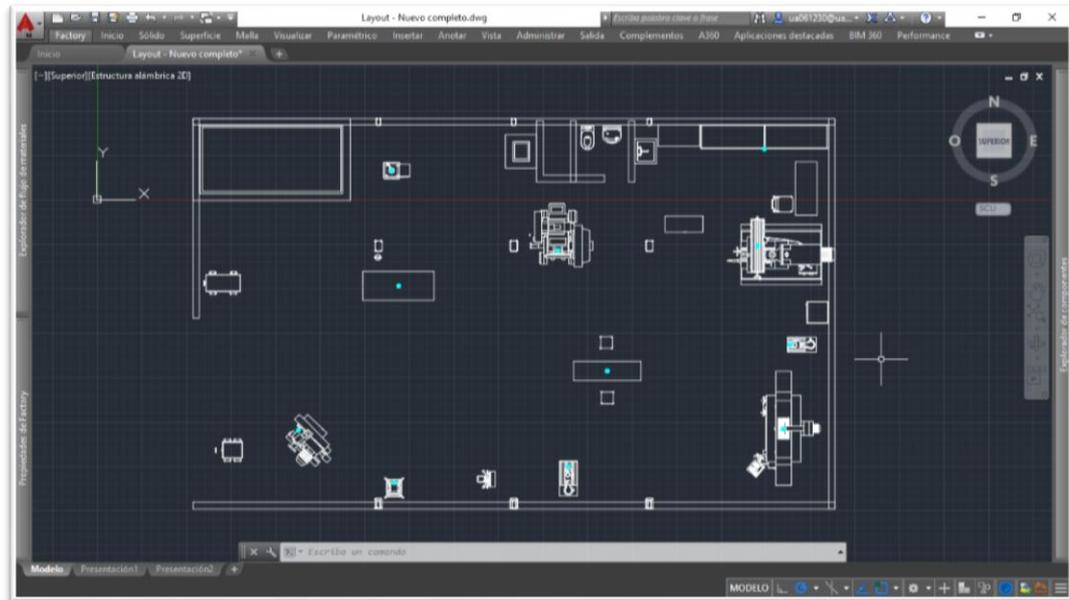


Figura 1.16 AutoCAD Mechanical 2016 versión Factory Design.

En la sección de simulación y modelado asistido por computadora se detallará de mejor manera el software a utilizar en este estudio.

### 1.2.3. Tipos de distribuciones

En esta sección se describirán los tipos de distribuciones de posible aplicación al caso de estudio, éstos junto con la información actual de los flujos de la planta permitirán determinar la eficiencia y se podrá seleccionar y desarrollar la más adecuada.

#### 1.2.3.1. Distribuciones básicas

Las dos orientaciones básicas de la distribución son las dedicadas a la producción en masa y la producción bajo pedido o tipo taller.

- **La producción en masa:** Esta distribución está orientada al producto y sigue una trayectoria fija a través de la planta. Se prefiere esta distribución por el bajo costo unitario, pero esto se da con la producción de grandes lotes.

- **La producción bajo pedido:** Ésta es guiada por el proceso. por lo general, las estaciones se encuentran en un orden no definido debido a que las trayectorias de fabricación no son consistentes.

(Fred & Matthew, 2001)

### 1.2.3.2. Centros de trabajo

Este método de distribución agrupa funciones o equipamientos similares, por ejemplo, un área para fresadoras o rectificadoras. Aquí el material o producto en proceso avanza en una secuencia preestablecida de operaciones, de un área a otra, donde está la maquinaria necesaria para cada operación. Por ejemplo, del área de torneado al área de tratamiento térmico. (Chase et al., 2008)

En la siguiente ilustración se indica un ejemplo de esta distribución:

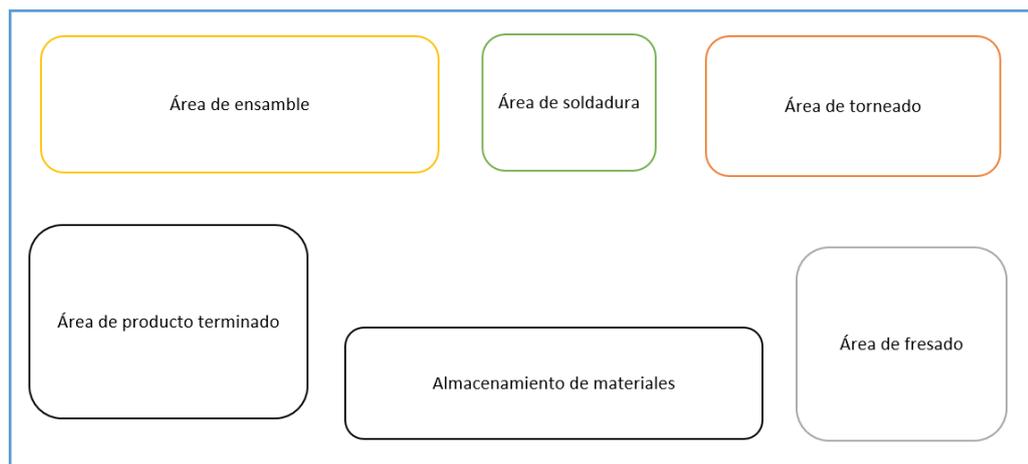


Figura 1.17 Distribución por centros de trabajo.

### 1.2.3.3. Línea de ensamble o producción

También se la llama distribución de flujo del trabajo, en ésta la maquinaria está ubicada de acuerdo a los pasos progresivos de operaciones del proceso, generalmente la ruta es una línea recta.

Dentro de esta definición, existen muchas diferencias entre los tipos de líneas. Algunas líneas están diseñadas para manejo de materiales como bandas, rodillos o puentes grúa; otras para el procesamiento en serie de variados productos, y otras, como su nombre lo dice, para el ensamble de productos con piezas fabricadas previamente en otro tipo de distribución. (Chase et al., 2008)

Un ejemplo de ésta distribución a continuación:

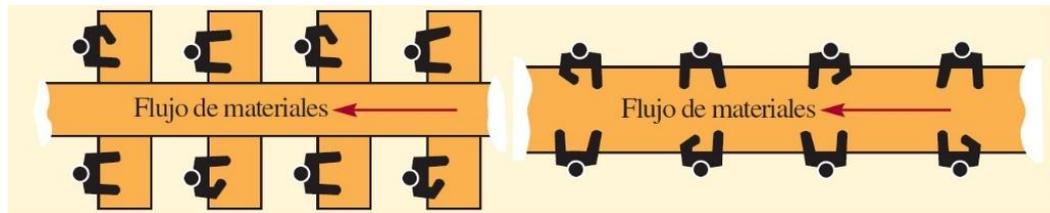


Figura 1.18 Línea de producción o ensamble  
Fuente: Administración de operaciones.

#### 1.2.3.4. Celdas de manufactura

Las celdas o células de manufactura agrupan máquinas para realizar operaciones similares o para fabricar partes con características similares. Existen celdas con una sola máquina o con varias, automatizadas o manuales; en el caso del manejo manual significa que los operadores mueven las piezas dentro de la celda y en el manejo mecanizado se transfiere las partes de una máquina a otra, pero con la ayuda de instrumentos mecánicos, esto se debe al peso o volumen de cada parte que esté en fabricación o simplemente para aumentar la velocidad de producción. El objetivo general es derivar los beneficios de la distribución por productos en una distribución de tipo talleres de trabajo. (Chase et al., 2008)

A continuación, la representación de una celda de manufactura simple:

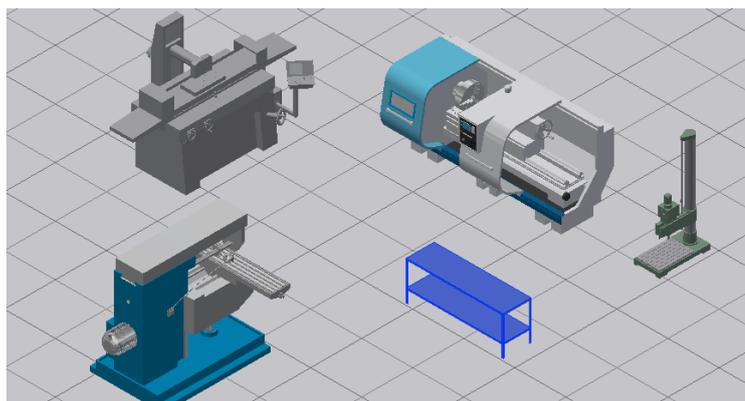


Figura 1.19 Celda de manufactura de 4 estaciones y una mesa de trabajo.

#### 1.2.4. Manejo de materiales

El manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad requerida, en secuencia y en

disposición o condición adecuada para minimizar los costos de producción. El material se mueve manualmente o por medios automáticos, se mueve uno a la vez o por miles, se coloca en un lugar fijo o al azar, y se almacena en el piso o en lo alto. (Fred & Matthew, 2001, p. 288)

Este concepto nos ayudará a definir los objetivos que permitirán mejorar la productividad del caso de estudio.

#### **1.2.4.1.Objetivos del manejo de materiales**

El manejo de materiales tiene como meta principal reducir el costo de producción, y para obtener esta mejora se deberá hacer las siguientes consideraciones:

- El material debe fluir en línea recta
- El manejo debe ser seguro ante todas las condiciones de trabajo
- Aprovechar la gravedad
- Mover material en grandes cantidades
- Mecanizar el transporte y manejo de los materiales
- Automatizar los movimientos
- Optimizar el espacio volumétrico. (Fred & Matthew, 2001)

Con dichos aspectos se podrá mejorar las condiciones laborales, se mejorará la calidad del producto, se reducirán los daños del producto en proceso y se reducirá el lead time o tiempo total del proceso.

#### **1.2.4.2.Principios del manejo de materiales**

Para un adecuado proceso de diseño y selección de equipo de manejo de materiales se considerará algunos de los 20 principios creados por el College Industrial Committee on Material Handling Education indicados a continuación:

1. Principio del flujo de materiales. Disponer de una secuencia de operaciones y distribución del equipo que optimice el flujo del material.
2. Principio de la utilización de espacio. Hacer uso óptimo del volumen del inmueble.
3. Principio de mecanización. Mecanizar las operaciones posibles.

4. Principio de selección del equipo. Al seleccionar el equipo de manejo, considerar todos los aspectos del material, producto en proceso o terminado que se manipulará: movimiento y método.
5. Principio de capacidad. Emplear el equipo de manejo para alcanzar la capacidad de producción deseada.
6. Principio de seguridad. Contar con métodos y equipo apropiados para hacer el manejo con seguridad. (Fred & Matthew, 2001)

#### 1.2.4.3. Análisis y selección del equipo de manejo

Para la selección del equipo adecuado se considerará los conceptos de equipo para ruta fija, para área fija y equipos auxiliares.

- **Ruta fija:** Estos equipos atienden la necesidad de manejar el material a lo largo de una trayectoria predeterminada o fija.
- **Área fija:** Estos atienden el movimiento en cualquier punto de una zona tridimensional.
- **Equipos auxiliares:** Estos son equipo para manejo de materiales de tamaño mediano y pequeño, un ejemplo de estos puede ser una pluma o un carro.

Para la selección adecuada del equipo se deberá tener un enfoque organizado, el cual sigue el flujo desde la recepción hasta el área de producto terminado.

Para la selección del equipo se realizará un análisis guiado por el siguiente indicador:

- **Manipulación de materiales de trabajo**

En inglés Materials Handling Labor (MHL) es una relación que se puede interpretar de varias maneras, esto depende de las condiciones vigentes en una organización particular. Por ejemplo, puede reflejar el compromiso de la empresa para proporcionar personal a funciones de manipulación de materiales. Por otro lado, también puede ser indicador de una gran proporción de tareas que se realicen manualmente en la planta, en lugar de ser mecanizadas. (Kulwiec, 1985)

$$\text{MHL} = \frac{\text{Personal asignado a actividades de manejo de materiales}}{\text{Total del personal operativo}}$$

Los valores que genere el indicador serán de gran ayuda para la selección adecuada del equipo.

Finalmente, realizado el análisis y selección del equipo de manejo se deberá realizar una lista indicando las características que tendrá cada componente y así poder incluirlos en el diagrama de la instalación.

### **1.2.5. Simulación y modelado en computadora**

La simulación y el modelado actuales en computadora son parte fundamental del proceso de planeación y toma de decisiones del segmento de manufactura y servicios. La búsqueda de fortalezas competitivas requiere del proceso de mejora continua, cambios en el proceso y la implantación de nuevas tecnologías. (Fred & Matthew, 2001)

Esta técnica nos permitirá analizar el comportamiento de varias distribuciones ya que es un sistema dinámico; los reportes y estadísticas generadas nos facilitará la evaluación y selección del diseño.

#### **1.2.5.1. Software de diseño y simulación**

La simulación consiste de un análisis del flujo de los componentes del producto en la distribución actual y la que se seleccionará; el software que permitirá encontrar la eficiencia de la nueva planta será el Factory Design Suite 2016 desarrollado por la compañía Autodesk. En él se podrá ingresar la información acerca de las rutas de procesamiento del producto, la simulación generará datos que se podrán estudiar junto con el diagrama 2D de la distribución; existe la ventaja de que es fácil hacer modificaciones y obtener resultados inmediatos.

En la siguiente ilustración se tiene el diagrama 2D de una planta y el flujo de una parte:

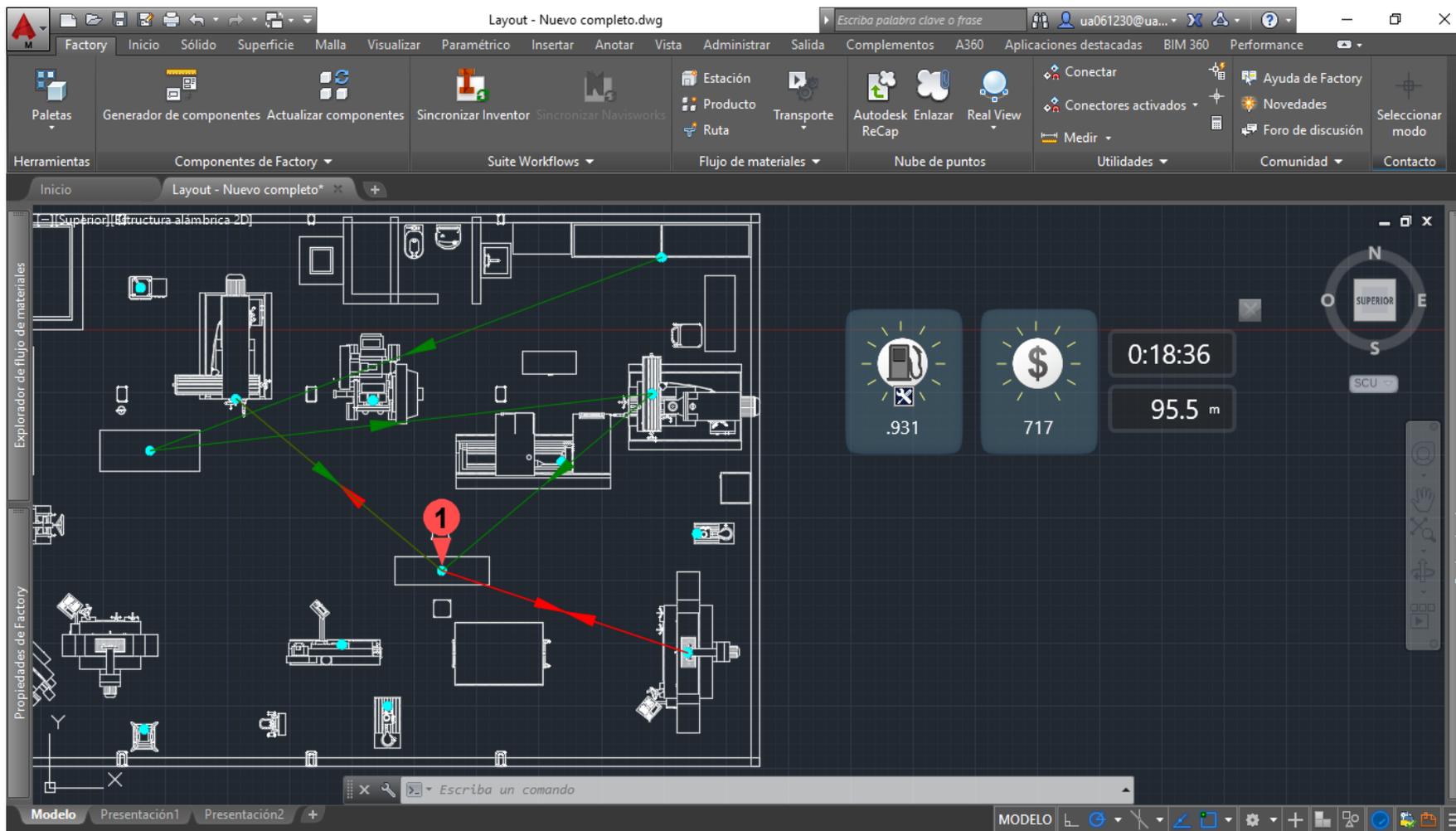


Figura 1.20 Diagrama 2D de una instalación e información acerca de una ruta de procesamiento en AutoCAD Mechanical 2016 versión Factory Design.

Los indicadores de costo de transporte, de costo de mecanizado, de tiempo de procesamiento y distancia recorrida serán de gran ayuda para el posicionamiento de las estaciones.

### **1.3. Las 5 S's y los sistemas visuales**

Una de las herramientas de la Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing son los sistemas visuales de planta; el principal enfoque de Lean es eliminar los desperdicios generados en cualquier proceso de una organización. (Moore, 2007)

En la siguiente sección se encontrarán las herramientas Lean que podrán implementarse para facilitar las operaciones en la nueva distribución.

#### **1.3.1. Control visual de planta**

El control visual de la planta es una herramienta del mejoramiento continuo que busca de una manera sencilla que cualquier persona en la organización pueda determinar con una sola mirada sin consultar a una computadora o persona qué es lo que ocurre en la planta o estación de trabajo, como cumple sus metas o que rendimientos está logrando. (Arrieta P., 2000)

Los objetivos de esta metodología se indican a continuación:

- Mejorar la calidad
- Reducir los costos
- Mejorar el tiempo de respuesta
- Mejorar la comunicación
- Entender inmediatamente los problemas o necesidades.

Existen diferentes tipos de sistemas visuales, para la selección se deberá realizar el diagrama de la nueva distribución e identificar las necesidades que se puedan satisfacer con dichos sistemas.

#### **1.3.2. Las 5 S's**

Las 5 S's es una filosofía japonesa la cual trata de optimizar la producción, la gestión visual de la planta y, en muchos casos, apoyar al justo a tiempo. Las S's se debe al nombre de los 5 enfoques indicados a continuación:

- Seiri → Organizar

- Seiton → Ordenar
- Seiso → Limpiar
- Seiketsu → Limpieza estandarizada
- Shitsuke → Disciplina. (Arrieta P., 2007)

En el contexto del control visual de plantas, las 5 S's es el punto de partida para una administración visual, la aplicación de cada una cambiará y mantendrán en buen estado el ambiente de trabajo y la calidad de las operaciones mejorará, obteniendo una eficiencia global de la planta.

### **1.3.3. Kanban**

La metodología Kanban tiene el enfoque de crear sistemas de producción eficientes y efectivos, se dedica principalmente a los campos de producción y logística. Los sistemas Kanban consisten en un conjunto de formas para comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios de la planta, entre supervisores y la planta y muchas otras formas más de comunicación.

Este sistema funciona bajo estos principios:

- Eliminación de desperdicios
- Mejora continua
- Participación plena del personal
- Flexibilidad de la mano de obra
- Organización y visibilidad. (Estrada, 2006)

#### **1.3.3.1. Funciones del Kanban**

El Kanban tiene múltiples funciones, entre ellas se mencionan las siguientes:

- Iniciar las operaciones con una señal automática de la planta
- Prevenir que se realice trabajos innecesarios en órdenes ya empezadas
- Prevenir exceso de papeleos
- Eliminar la sobreproducción
- Dar prioridad a las operaciones de más urgencia
- Controlar la producción

- Mejorar el proceso. (Estrada, 2006)

### **1.3.3.2.Fases de implementación de Kanban**

Para la implementación del sistema se requiere de diseñar el funcionamiento de las señales y preparar la planta y personal para la mejora; este proceso está dividido en 4 etapas detalladas a continuación:

- **Fase 1:** junto con los responsables de cada proceso diseñar el sistema Kanban de acuerdo a los requerimientos del proceso; capacitar al resto del personal acerca de los beneficios de la metodología.
- **Fase 2:** implementar Kanban en la restricción del sistema, es decir, en las áreas en donde se tenga mayores inconvenientes o donde es importante evitar demoras o paras de producción.
- **Fase 3:** implementarlo en el resto de actividades. Identificar el nuevo lugar de aplicación y luego implementar el sistema en toda la organización; la ayuda de los colaboradores es valiosa ya que ellos son los que mejor conocen las actividades del sistema.
- **Fase 4:** esta fase consiste en la revisión de fallas en el sistema para correcciones, proyecciones y mejoras futuras.

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS DE PROCESOS

#### 2.1. Introducción

Para iniciar el estudio de los procesos se realizará un análisis simple del macro proceso de la empresa, la “Producción de matricería”, así se podrá conocer la clasificación general de los procesos que intervienen, para luego recopilar información acerca de los procesos clave, es decir, los procesos que dan vida a la empresa y son desarrollados en la planta; posteriormente se realizará el análisis de dicha información para realizar la distribución en el siguiente capítulo.

#### 2.2. El Macro-Proceso

El macro proceso de MecPrec es el desarrollo de matricería, para esto requiere de secuenciar los siguientes procesos:

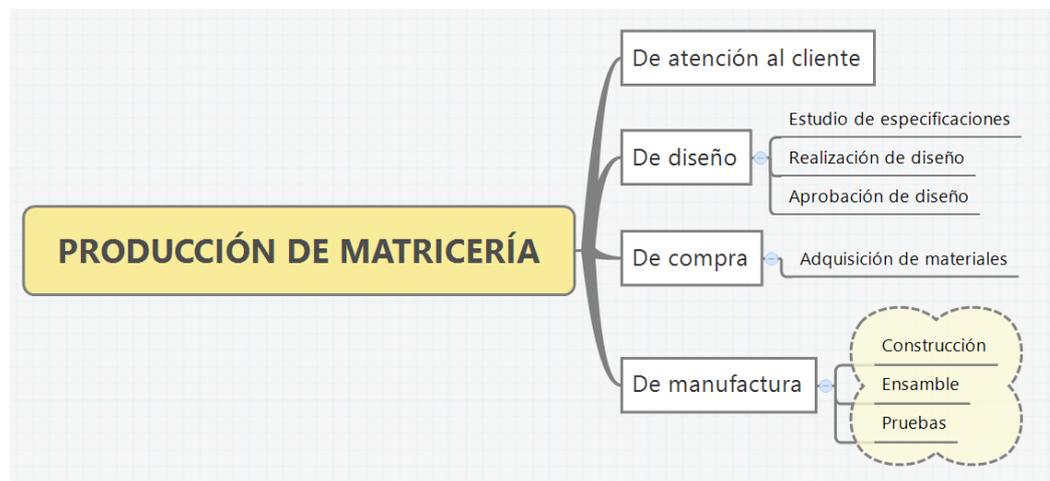


Figura 2.1 Diagrama básico del macro-proceso Producción de matricería.

Como se observa el macro proceso consta de cuatro grupos de procesos: los de atención al cliente, los de diseño, los de compra y los de manufactura, estos últimos son los indispensables para desarrollar el análisis de los flujos. A continuación, se detallará mejor cada grupo de procesos.

### 2.2.1. De atención al cliente

Los procesos de atención al cliente están enfocados en la recepción de requerimientos para nuevos productos o para rediseño, en la gestión de reclamos y en la consultoría de procesos.

### 2.2.2. De diseño

El proceso de diseño está conformado por dos etapas: 1) el análisis de las especificaciones que se hace con fin de establecer los métodos y materiales que se requieren para el producto, en ocasiones requiere de investigación o consulta bibliográfica y, 2) el diseño, que es el desarrollo del diseño del producto a fabricar plasmado en un plano con especificaciones de materiales, medidas y cantidades. Este plano se debe aprobar por el jefe de matricería antes de pasar al siguiente proceso, un ejemplo a continuación:

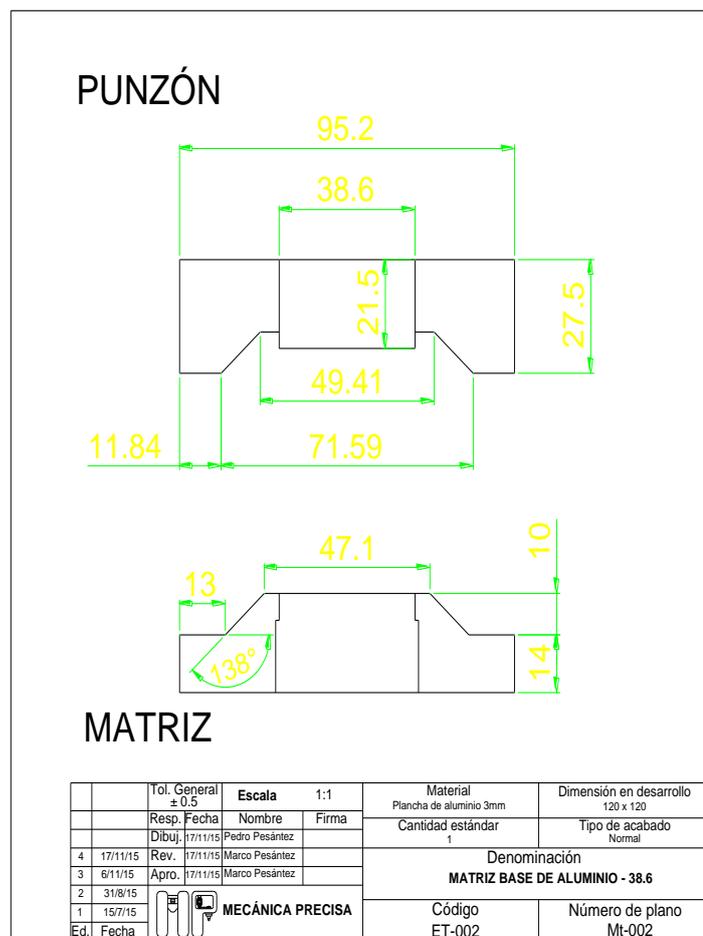


Figura 2.2 Plano para construcción de matriz.

### **2.2.3. De compras**

En este proceso se realiza un listado de los requerimientos para la manufactura y ensamble del producto, se realiza una revisión del almacén para verificar si hay material o los componentes necesarios, en caso de no haberlo se procede a la compra. Esta información proviene del proceso de diseño y atención al cliente.

La compra se realiza antes de iniciar el proceso de manufactura.

### **2.2.4. De manufactura**

El proceso de manufactura es el proceso principal de la organización, mediante el estudio de los procesos que lo conforman se podrá obtener información para el análisis de la distribución.

Se realizará el análisis del flujo de cada componente a través de cada proceso, se registrará esa información para luego ser ingresada en otras herramientas que facilitarán el proceso de asignación de áreas y espacios.

La manufactura de matricería se divide en los siguientes procesos:

- De construcción
- De ensamble
- De pruebas.

Cada uno de los procesos pasará por un estudio para obtener información acerca de sus rutas de trabajo, así se podrán realizar diagramas de flujo para determinar los requerimientos del proceso en cada paso, estos datos se registrarán en la tabla de proceso junto con información de los movimientos del personal para realizar una asignación eficiente.

#### **2.2.4.1. De construcción**

Para iniciar el estudio del proceso de construcción es necesario mencionar que las características ya sea de diseño o tamaño de los productos que se fabrican son muy variadas, por lo que se considera un sistema de producción bajo pedido. La variabilidad depende de los requerimientos del cliente y está en función de los siguientes tipos de productos de matricería:

- Para troquel

- Para embutición
- Mixtas (troquel y embutición).

La variabilidad se da por el número de componentes de cada producto, en el listado expresado de menor a mayor, es decir, la matricería para troqueles tiene 3 componentes (bastidor, matriz y punzón), la matricería para embutición tiene 4 componentes (bastidor, matriz, punzón y pisa-plancha) y la matricería mixta tiene 4 componentes, pero a diferencia de la de embutición se tiene una matriz extra para el troquel; entonces, la frecuencia de los movimientos en las rutas de fabricación se ve afectada por la complejidad de cada componente y de los diferentes tipos y tamaños de producto.

Al ser la matricería mixta el producto más representativo para el análisis de la planta será el seleccionado para el análisis de los flujos.

Como se ha mencionado el proceso de construcción es el más extenso debido al número de componentes que se deben fabricar, para iniciar el análisis se indicará en un diagrama los componentes y subcomponentes del producto:



Figura 2.3 Diagrama general de componentes de matricería.

De los componentes indicados en el diagrama anterior se seleccionarán únicamente los que se fabrican dentro de las instalaciones. A continuación, se indican los adquiridos y los fabricados:

<b>COMPONENTES DE MATRICERÍA MIXTA</b>	
<b>Adquiridos</b>	<b>Fabricados</b>
Cimbras de expulsión	Base

Pernos calibrados	Tapa
Pernos normales	Bujes y columnas
	Punzón
	Matriz
	Guías y topes
	Pisa – plancha

Figura 2.4 Lista de componentes de fabricación y adquiridos por MecPrec.

Identificados los componentes de fabricación, procedemos a levantar y registrar información de las rutas de fabricación de cada uno para posteriormente elaborar los diagramas de flujo y poder registrar en las tablas del proceso.

Para un mejor entendimiento de algunas actividades del proceso se deberá revisar la siguiente tabla que contiene la clasificación de las especificaciones que se tiene para cada operación:

<b>MECPREC</b>	
<b>TIPOS DE ESPECIFICACIONES</b>	<b>FUNCIONALIDAD</b>
A	Indicar las dimensiones y forma de la pieza.
B	Indicar donde maquinar agujeros para sujeción.
C	Indicar donde maquinar agujeros para elementos de fijación (pasadores).
D	Indicar donde maquinar agujeros para sujeción y fijación de guías y topes.

Figura 2.5 Tipos de especificaciones para maquinado.

Las hojas de ruta contendrán la secuencia de operaciones de cada producto desde su etapa inicial, cabe mencionar que se incluirá el tiempo de preparación como una operación más en la secuencia, ésta información servirá para el diseño de las estaciones de trabajo. (Zuluaga, 2008)

En las siguientes ilustraciones se encuentran las hojas de ruta registradas para todos los componentes fabricados en MecPrec:

### HOJAS DE RUTA PARA COMPONENTES DEL BASTIDOR

HOJA DE RUTA - BASTIDOR		Hoja n° 2 de 4	
Nombre pieza	BASE	Pieza n°	2
Material	Hierro		
N° Operación	Descripción de la operación	Máquina / Equipo	N° M / E
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
2	Limpieza de rebaba de oxicorte, descascarado y señalado de especificaciones A	Mesa de armado 2	EA 2
3	Llevar a cepilladora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
4	Preparar máquina		
5	Cepillar de acuerdo a especificaciones A	Cepilladora	EM C
6	Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
7	Limar rebaba de cepillado	Mesa de armado 1	EA 1
8	Llevar a rectificadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
9	Preparar máquina		
10	Rectificar ambas caras	Rectificadora	EM R
11	Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T

12		Señalar agujeros para ejes	Mesa de armado 1	EA 1
13		Esperar para juntar con tapa para operación en conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
14		Llevar conjunto a fresadora / taladro	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
15		Preparar máquina		
16		Taladrado y avellanado de base y tapa	Fresadora / Taladro grande	EM F / T
17		Llevar conjunto a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
18		Desarmar conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
19		Llevar base a fresadora / taladro	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
20		Preparar máquina		
21		Escariado de orificios en base	Fresadora / Taladro grande	EM F / T
22		Llevar base a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
23		Esperar tapa, ejes y bujes para operación en conjunto	Mesa de armado 2	EA 2
24		Juntar los componentes.	Mesa de armado 2	EA 2
25		Llevar a prensa	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
26		Preparar máquina	Manual / Prensa E / H	EA 2 / EP 1 / 1
27		Juntar ejes con base	Manual / Prensa E / H	EA 2 / EP 1 / 2

28		Llevar conjunto a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
29		Esperar matriz → operación en conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
30		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
31		Preparar máquina	Fresadora	EM F
32		Maquinado de especificaciones B para la matriz	Fresadora	EM F
33		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
34		Esperar pisa-plancha → señalar especificaciones A para maquinado para componentes de extracción	Mesa de armado 1	EA 1
35		Llevar a fresadora para maquinar especificaciones A para componentes de extracción	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
36		Preparar máquina	Fresadora	EM F
67		Maquinado de especificaciones A para componentes de extracción	Fresadora	EM F
38		Llevar a mesa de armado 1.	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
39		Esperar ensamble	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>			<b>Aprobó:</b>	
<b>Fecha:</b>			<b>Fecha:</b>	

Figura 2.6 Hoja de ruta de la Base.

<b>HOJA DE RUTA - BASTIDOR</b>		Hoja n° 1 de 4	
<b>Nombre pieza</b>	TAPA	<b>Pieza n°</b>	1

Material		Hierro		
N° Operación		Descripción de la operación	Máquina / Equipo	N° M / E
1		Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
2		Limpieza de rebaba de oxicorte y descascarado	Mesa de armado 2	EA 2
3		Llevar a cepilladora	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
4		Preparar máquina	Cepilladora	EM C
5		Cepillar de acuerdo a especificaciones	Cepilladora	EM C
6		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
7		Limar rebaba de cepillado	Mesa de armado 1	EA 1
8		Llevar a rectificadora	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
9		Preparar máquina	Rectificadora	EM R
10		Rectificar ambas caras	Rectificadora	EM R
11		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
12		Juntar con base para operación en conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
13		Llevar conjunto a fresadora / taladro	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
14		Preparar máquina	Fresadora / Taladro grande	EM F / T
15		Taladrado y avellanado de base y tapa	Fresadora / Taladro grande	EM F / T
16		Llevar conjunto a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
17		Desarmar conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
18		Llevar tapa a fresadora / taladro	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
19		Preparar máquina	Fresadora / Taladro grande	EM F / T

20		Escariado de tapa	Fresadora / Taladro grande	EM F / T
21		Llevar tapa a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
22		Esperar base, ejes y bujes para operación en conjunto	Mesa de armado 2	EA 2
23		Juntar los componentes.	Mesa de armado 2	EA 2
24		Llevar a la prensa	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
25		Preparar máquina	Prensa E / H	EP E / H
26		Juntar bujes con tapa	Prensa E / H	EP E / H
27		Llevar conjunto a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
28		Esperar punzón → operación en conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
29		Llevar conjunto a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
30		Preparar máquina	Fresadora	EM F
31		Guiado de especificaciones B para punzón	Fresadora	EM F
32		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
33		Desmontaje para maquinado de especificaciones B del punzón	Mesa de armado 2	EA 2
34		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
35		Preparar máquina	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
36		Maquinado con especificaciones B del punzón	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
37		Llevar a mesa de armado 1.	Manual / Carro / Pluma / Tecla	ET M / C / P / T
38		Esperar ensamble	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>		<b>Aprobó:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		

Figura 2.7 Hoja de ruta de la Tapa.

<b>HOJA DE RUTA - BASTIDOR</b>		Hoja n° 4 de 4	
<b>Nombre pieza</b>		BUJES	
<b>Material</b>		Acero XW41	
<b>N° Operación</b>		<b>Máquina / Equipo</b>	
<b>Descripción de la operación</b>		<b>N° M / E</b>	
1	Tomar material del almacén y llevar a máquina	Manual / Carro	ET M / C
2	Preparar máquina	Torno	EM T
3	Maquinar según especificaciones A	Torno	EM T
4	Llevar a servicio de tratamiento térmico	Manual / Carro / Transporte	ET M / C / TP
5	Tratamiento térmico	Subcontratado / Horno	Sub. / ETT
6	Llevar a servicio de rectificado	Manual / Carro / Transporte	ET M / C / TP
7	Rectificado	Subcontratado	Sub.
8	Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro	ET M / C
9	Esperar base, tapa y ejes para operación en conjunto	Mesa de armado 2	EA 2
10	Juntar los componentes	Mesa de armado 2	EA 2
11	Llevar a la prensa	Manual / Carro / Transporte	ET M / C / TP
12	Preparar máquina	Prensa E / H	EP E / H
13	Juntar bujes con tapa	Prensa E / H	EP E / H
14	Ruta finalizada		
<b>Realizó:</b>		<b>Aprobó:</b>	
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>	

Figura 2.8 Hoja de ruta de los Bujes.

<b>HOJA DE RUTA - BASTIDOR</b>		Hoja n° 3 de 4	
<b>Nombre pieza</b>		EJES	
<b>Material</b>		Acero XW41	
		<b>Pieza n°</b>	
		<b>N° M / E</b>	
			3

N° Operación		Descripción de la operación	Máquina / Equipo	N° M / E
1		Tomar material del almacén y llevar a la máquina	Manual / Carro	ET M / C
2		Preparar máquina	Torno	EM T
3		Maquinar según especificaciones A	Torno	EM T
4		Llevar a servicio de tratamiento térmico horno	Manual / Carro / Transporte	ET M / C / TP
5		Tratamiento térmico	Subcontratado / Horno	Sub / ETT
6		Llevar a servicio de rectificado	Manual / Carro / Transporte	ET M / C / TP
7		Rectificado	Subcontratado	Sub.
8		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro	ET M / C
9		Esperar base, tapa y bujes para operación en conjunto	Mesa de armado 2	EA 2
10		Juntar los componentes y llevar a prensa	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
11		Preparar máquina	Prensa E / H	EP E / H
12		Juntar ejes con base	Prensa E / H	EP E / H
13		Ruta finalizada		
<b>Realizó:</b>			<b>Aprobó:</b>	
<b>Fecha:</b>			<b>Fecha:</b>	

Figura 2.9 Hoja de ruta de los Ejes.

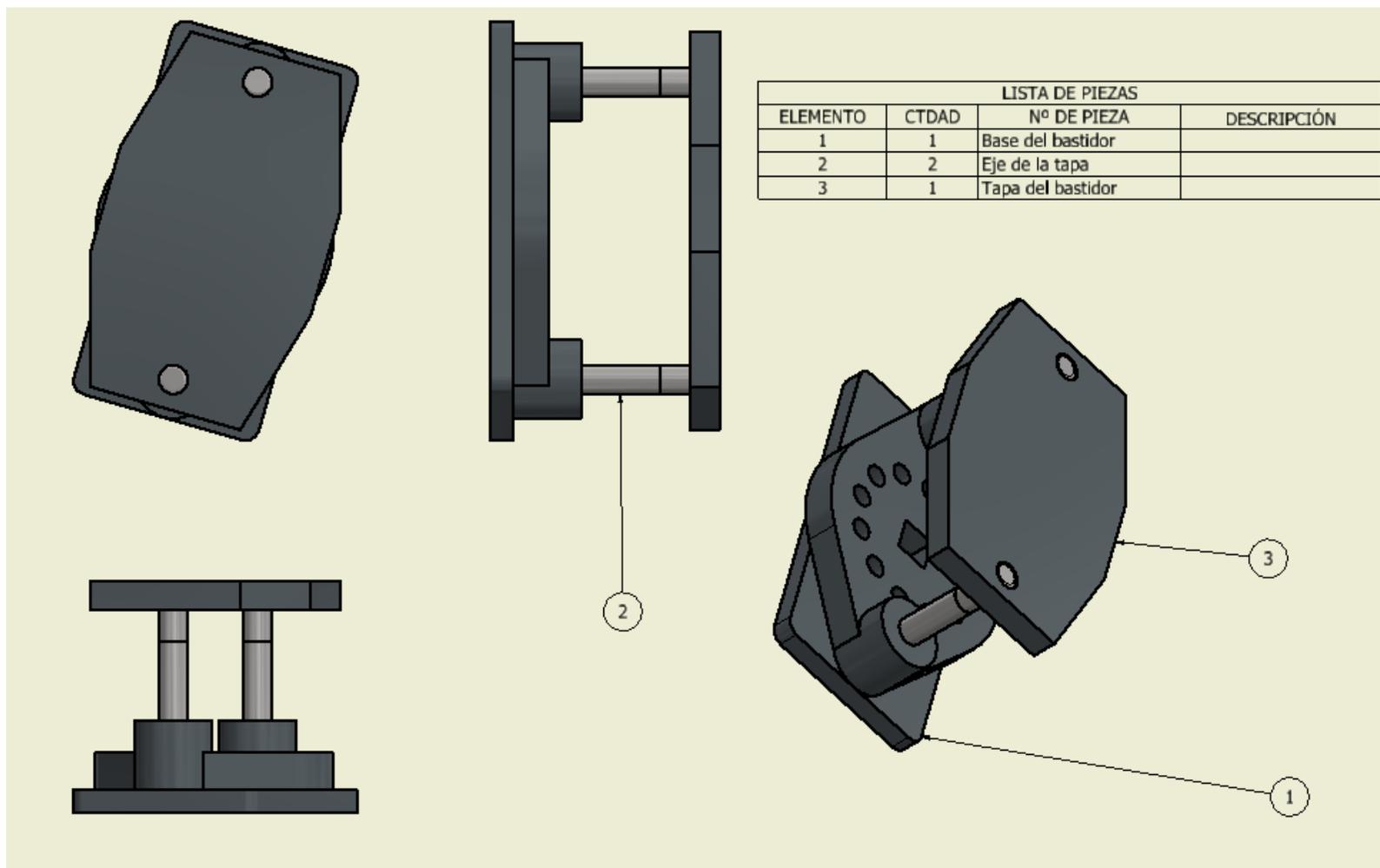


Figura 2.10 Partes del bastidor.

## HOJAS DE RUTA PARA COMPONENTES DE ACTUACIÓN

<b>HOJA DE RUTA - COMPONENTES DE ACTUACIÓN</b>		Hoja n° 2 de 4	
<b>Nombre pieza</b>		PUNZÓN	
<b>Material</b>		Acero K100	
<b>N° Operación</b>		<b>Máquina / Equipo</b>	<b>1</b>
1		Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual / Carro / Pluma ET M / C / P
2		Limpieza general (limado, pulido)	Mesa de armado 2 EA 2
3		Llevar a cepilladora	Manual / Carro / Pluma ET M / C / P
4		Preparar máquina	Cepilladora / Fresadora EM C / F
5		Maquinado inicial → Limpieza	Cepilladora / Fresadora EM C / F
6		Llevar a rectificadora	Manual / Carro / Pluma ET M / C / P
7		Preparar máquina	Rectificadora EM R
8		Rectificado de especificaciones (ajuste)	Rectificadora EM R
9		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma ET M / C / P
10		Centrar punzón con matriz y tapa para señalar especificaciones B	Mesa de armado 1 EA 1
11		Llevar conjunto a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecle ET M / C / P / T
12		Preparar máquina	Fresadora EM F
13		Guiado de especificaciones B	Fresadora EM F
14		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecle ET M / C / P / T

15		Desmontaje para maquinado de punzón	Mesa de armado 2	EA 2
16		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
17		Preparar máquina	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
18		Maquinado con especificaciones B	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
19		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
20		Roscado	Bandeador	EM R
21		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
22		Sujetar con tapa (centrado)	Mesa de armado 1	EA 1
23		Verificación de centrado y señalización de especificaciones C	Mesa de armado 1	EA 1
24		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
25		Preparar máquina	Fresadora	EM F
26		Maquinar conjunto con especificaciones C	Fresadora	EM F
27		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M / C / P / T
28		Fijar punzón en tapa	Mesa de armado 1	EA 1
29		Esperar ensamble	Mesa de armado 1	EA 1

<b>Realizó:</b>	<b>Aprobó:</b>
<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

Figura 2.11 Hoja de ruta del Punzón.

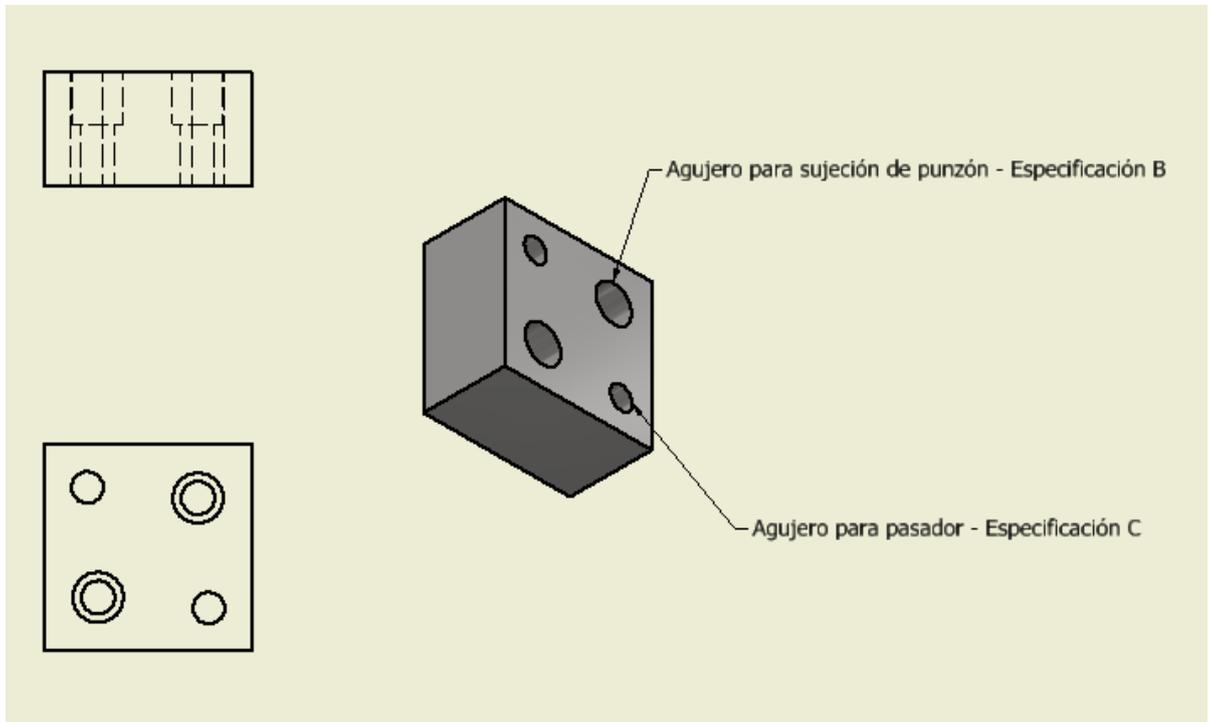


Figura 2.12 Punzón.

<b>HOJA DE RUTA - COMPONENTES DE ACTUACIÓN</b>		Hoja n° 1 de 4	
<b>Nombre pieza</b>	MATRIZ	<b>Pieza n°</b>	5
<b>Material</b>	Acero K100	<b>Máquina / Equipo</b>	<b>N° M / E</b>
<b>N° Operación</b>	<b>Descripción de la operación</b>	<b>Máquina / Equipo</b>	<b>N° M / E</b>
1	Tomar material del almacén y llevar preparación inicial	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
2	Limpieza general (limado, pulido)	Mesa de armado 2	EA 2
3	Llevar a rectificadora	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
4	Preparar máquina	Cepilladora / Rectificadora	EM C / R

5		Maquinado inicial (limpieza)	Cepilladora / Rectificadora	EM C / R
6		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
7		Limar rebaba y señalar según diseño	Mesa de armado 1	EA 1
8		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
9		Preparar máquina	Fresadora / Torno	EM F / T
10		Maquinado con especificaciones A	Fresadora / Torno	EM F / T
11		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
12		Limar rebaba y señalar según diseño	Mesa de armado 1	EA 1
13		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
14		Preparar máquina	Fresadora	EM F
15		Maquinado con especificaciones B	Fresadora	EM F
16		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
17		Ajuste base con matriz	Mesa de armado 1	EA 1
18		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
19		Preparar máquina	Fresadora / Taladro pequeño	EM F / T-p
20		Base y matriz → Maquinado con especificaciones B	Fresadora / Taladro pequeño	EM F / T-p
21		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P

22		Roscado	Mesa de armado 2	EA 2
23		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
24		Sujetar con base y señalar especificaciones C	Mesa de armado 1	EA 1
25		Llevar conjunto a fresadora	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
26		Preparar máquina	Fresadora	EM F
27		Maquinar conjunto con especificaciones C	Fresadora	EM F
28		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma	ET M / C / P
29		Fijar matriz en base	Mesa de armado 1	EA 1
30		Esperar punzón → Operación en conjunto	Mesa de armado 1	EA 1
31		Juntar con pisa-plancha → Señalar especificaciones D	Mesa de armado 1	EA 1
32		Desarmar pisa-plancha y guías	Mesa de armado 1	EA 1
33		Esperar para ensamble	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>			<b>Aprobó:</b>	
<b>Fecha:</b>			<b>Fecha:</b>	

Figura 2.13 Hoja de ruta de la Matriz.

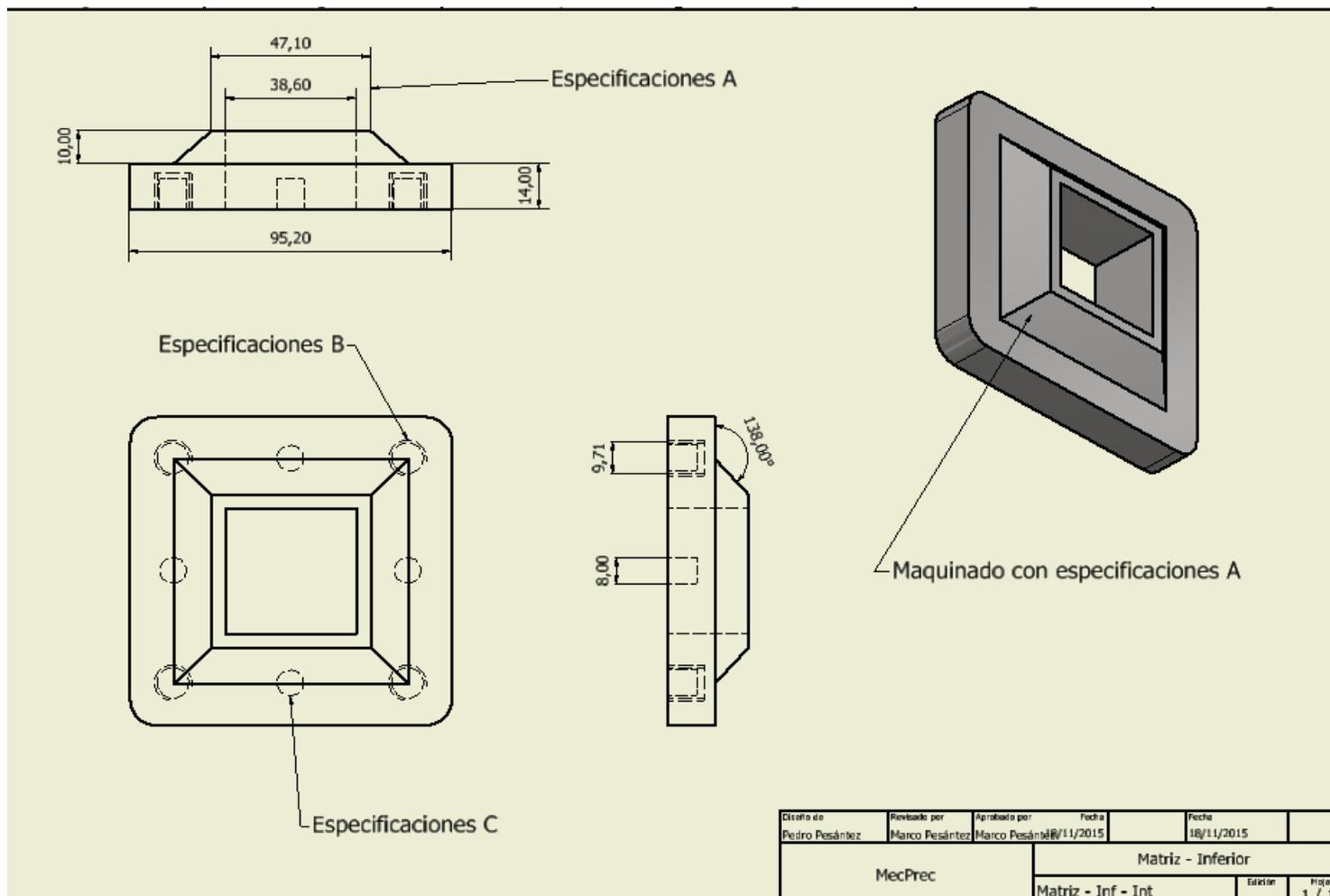


Figura 2.14 Matriz.

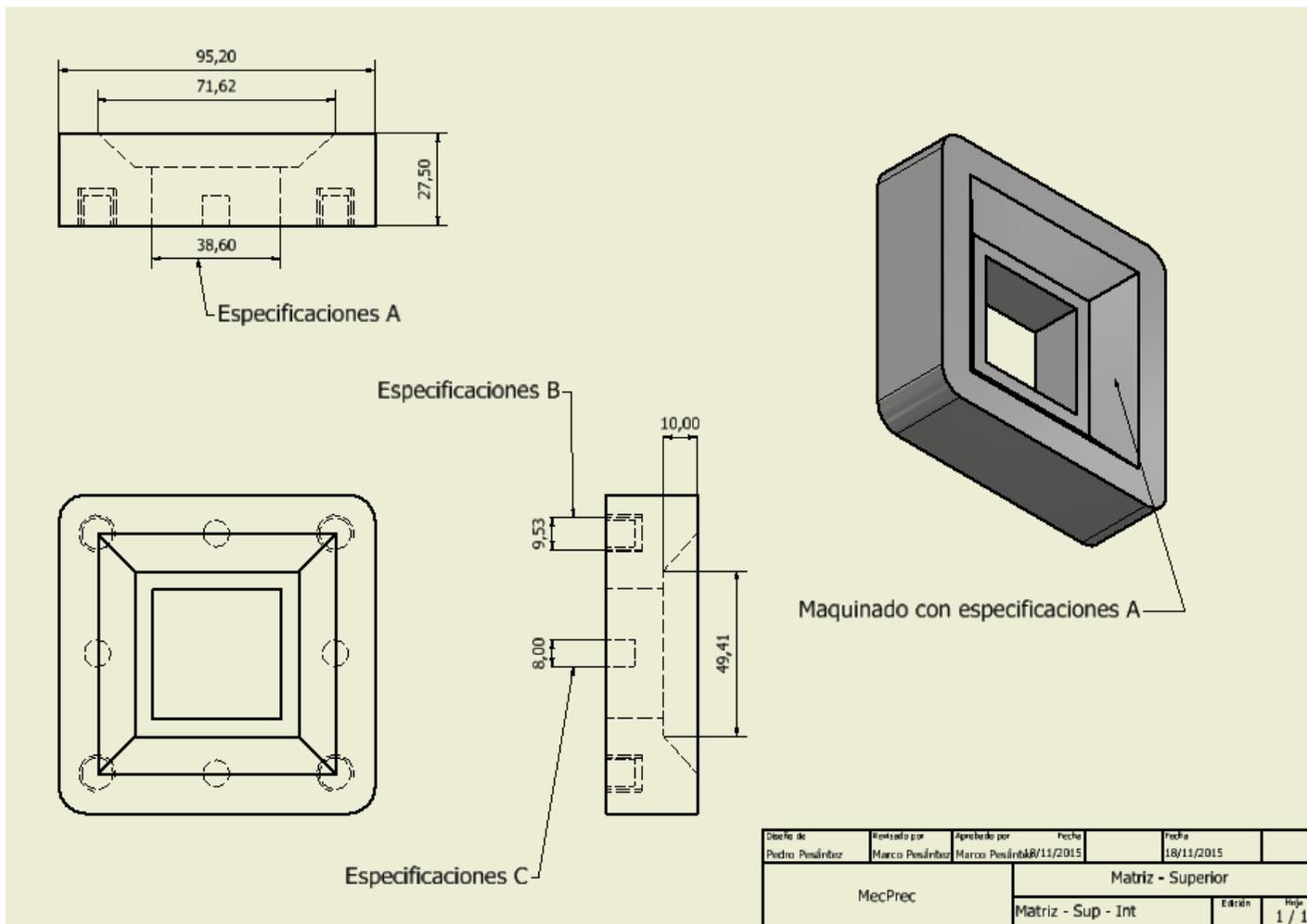


Figura 2.15 Matriz.

<b>HOJA DE RUTA - COMPONENTES DE ACTUACIÓN</b>		Hoja n° 3 de 4	
<b>Nombre pieza</b>		<b>GUÍAS</b>	
<b>Material</b>		<b>Hierro</b>	
<b>N° Operación</b>		<b>Descripción de la operación</b>	
		<b>Máquina / Equipo</b>	<b>N° M / E</b>
1		Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual ET M
2		Limpieza general (limado, pulido)	Mesa de armado 2 EA 2
3		Llevar a cepilladora	Manual ET M
4		Preparar máquina	Cepilladora EM C
5		Cepillado con especificaciones	Cepilladora EM C
6		Llevar a mesa de armado 1	Manual ET M
7		Limar rebaba de cepillado	Mesa de armado 1 EA 1
8		Llevar a rectificadora	Manual ET M
9		Preparar máquina	Rectificadora EM R
10		Rectificar	Rectificadora EM R
11		Llevar a mesa de armado 1	Manual ET M
12		Limar rebaba y señalar especificaciones D - B	Mesa de armado 1 EA 1
13		Llevar a taladro	Manual ET M
14		Preparar máquina	Taladro pequeño / Fresadora EM T-p / F
15		Maquinar especificaciones D - B	Taladro peq. / Fresadora EM T-p / F
16		Llevar a mesa de armado 2	Manual ET M
17		Roscar base de apoyo de guías (D - B)	Mesa de armado 2 EA 2
18		Llevar a mesa de armado 1	Manual ET M
19		Sujetar guías y señalar especificaciones D - C	Mesa de armado 1 EA 1

20		Llevar a taladro	Manual	ET M
21		Preparar máquina	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
22		Maquinar especificaciones D - C	Taladro pequeño / Fresadora	EM T-p / F
23		Llevar a mesa de armado 1	Manual	ET M
24		Ensamblar	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>		<b>Aprobó:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		

Figura 2.16 Hoja de ruta de las Guías.

<b>HOJA DE RUTA - COMPONENTES DE ACTUACIÓN</b>			Hoja n° 4 de 4	
<b>Nombre pieza</b>		TOPES	Pieza n°	4
<b>Material</b>		Acero plata		
<b>N° Operación</b>		<b>Descripción de la operación</b>	<b>Máquina / Equipo</b>	<b>N° M / E</b>
1		Tomar varilla de acero plata del depósito y llevar hacia el área de corte.	Manual	ET M
2		Cortar según medidas	Mesa de armado 2	EA 2
3		Dejar material	Manual	ET M
4		Llevar a esmeril	Manual	ET M
5		Dar radio en las puntas	Esmeril	ED E
6		Llevar a horno	Manual	ET M

7		Preparar horno	Horno	ETT H
8		Tratamiento térmico	Horno	ETT H
9		Llevar a mesa de armado 1	Manual	ET M
10		Lijar	Mesa de armado 1	EA 1
11		Ensamblar	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>		<b>Aprobó:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		

Figura 2.17 Hoja de ruta de los Topes.

### HOJA DE RUTA PARA COMPONENTE DE EXTRACCIÓN

HOJA DE RUTA - COMPONENTES DE EXTRACCIÓN		Hoja n° 1 de 1	
Nombre pieza	PISA-PLANCHA	Pieza n°	
Material	Hierro		
N° Operación	Descripción de la operación	Máquina / Equipo	N° M / E
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual / Carro / Pluma / Teclé	ET M/C/ P/T
2	Limpieza general (limado, pulido)	Mesa de armado 2	EA 2
3	Llevar a rectificadora	Manual / Carro / Pluma / Teclé	ET M/C/ P/T
4	Preparar máquina	Rectificadora	EM R
5	Rectificado	Rectificadora	EM R
6	Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Teclé	ET M/C/ P/T

7		Señalar especificaciones A	Mesa de armado 1	EA 1
8		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M/C/ P/T
9		Preparar máquina	Fresadora / Torno	EM F/T
10		Maquinar especificaciones A	Fresadora / Torno	EM F/T
11		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M/C/ P/T
12		Limar rebaba de maquinado y señalar especificaciones B	Mesa de armado 1	EA 1
13		Llevar a fresadora	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M/C/ P/T
14		Preparar máquina	Fresadora / Taladro p.	EM F/T p.
15		Maquinar especificaciones B	Fresadora / Taladro p.	EM F/T p.
16		Llevar a mesa de armado 2	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M/C/ P/T
17		Roscar	Mesa de armado 2	EA 2
18		Llevar a mesa de armado 1	Manual / Carro / Pluma / Tecele	ET M/C/ P/T
19		Colocar en ensamble	Mesa de armado 1	EA 1
<b>Realizó:</b>		<b>Aprobó:</b>		
<b>Fecha:</b>		<b>Fecha:</b>		

Figura 2.18 Hoja de ruta del Pisa-plancha.

Establecidas las rutas de trabajo de los componentes se puede realizar los diagramas de flujo, con la finalidad de determinar los movimientos entre actividades para entender de mejor manera el proceso.

El flujo de los componentes será trazado en un plano a escala de las instalaciones para mejorar su interpretación. A continuación, el diagrama de la planta:

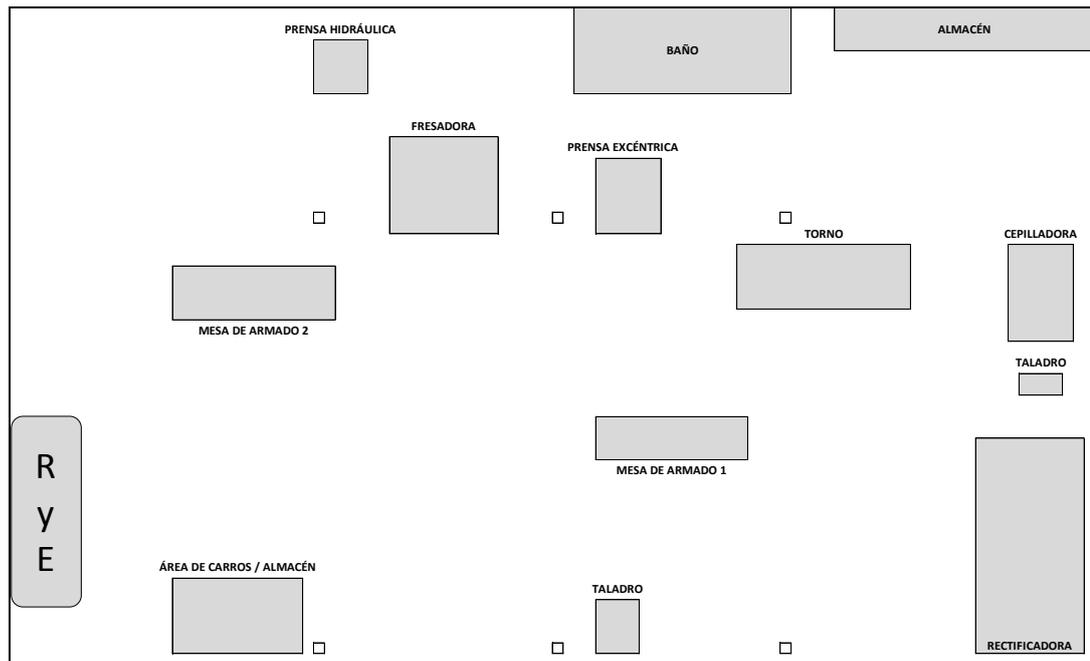
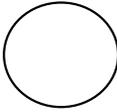
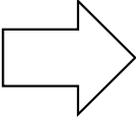
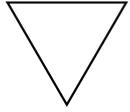
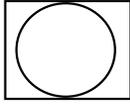


Figura 2.19 Diagrama básico de la ubicación de la maquinaria.

Como se puede observar el plano contiene las estaciones de trabajo, los servicios higiénicos, los almacenes de materia prima, el área de vehículos para transporte de materiales y el área de recepción y envíos. Es un plano diseñado con las ubicaciones actuales de la maquinaria.

La siguiente tabla indica los símbolos que se utilizarán y su significado:

Tabla 2.1 Símbolos para diagramación de flujos.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Operación, trabajo sobre la parte.
	Transporte, movimiento de la parte.
	Inspección, control de la calidad, trabajo sobre el producto.
	Demora, almacenamiento muy breve por lo general en la estación de manufactura; contenedores de partes de entrada tanto como de salida.
	Almacenamiento, almacenes, bodega, trabajo en proceso.
	Operación combinada con inspección.

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura, pág. 147.

En las siguientes ilustraciones se tendrá los diagramas de flujo de cada componente en un plano simple de la planta:

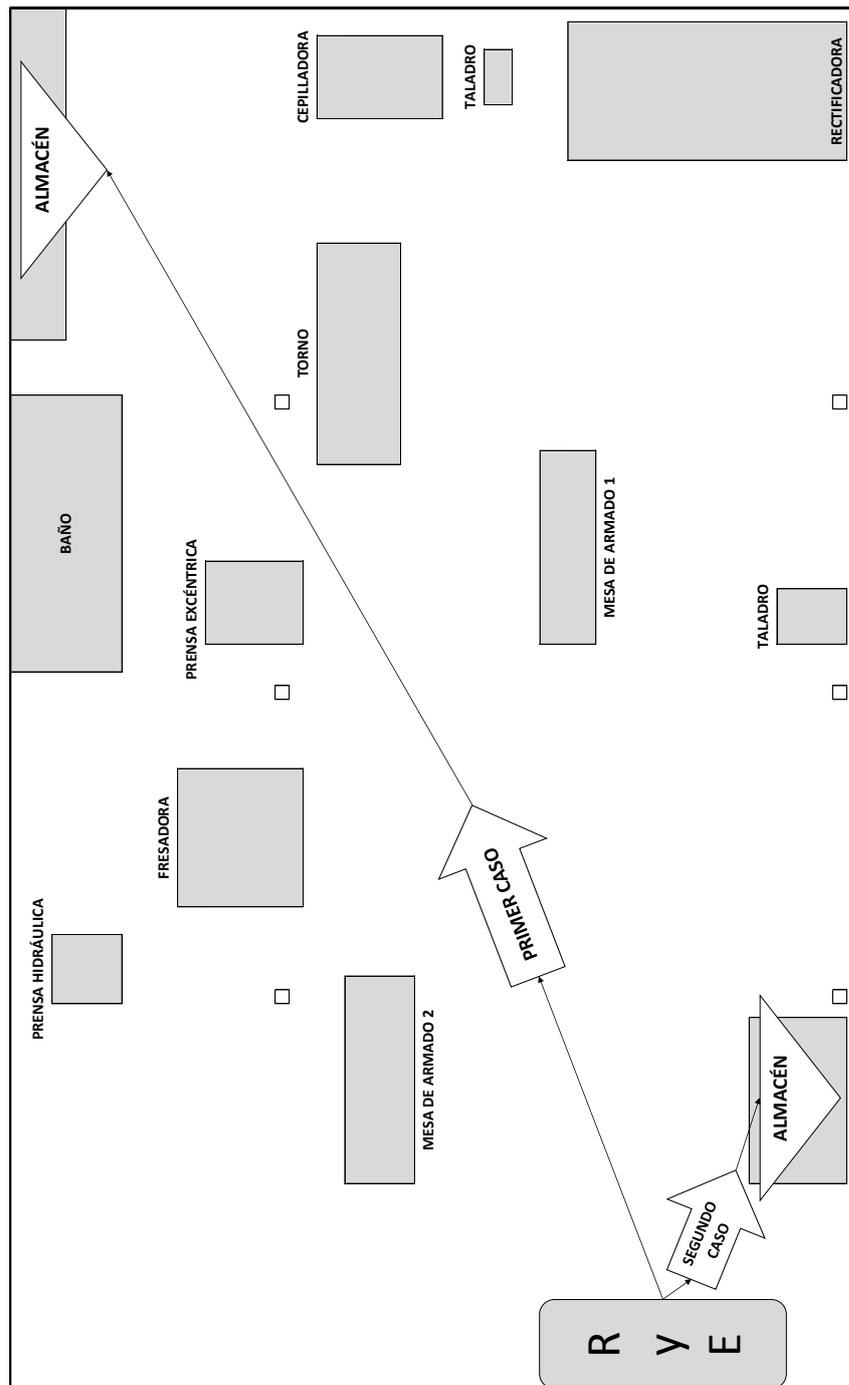


Figura 2.20 Diagrama de flujo para la recepción de materiales.

El primer caso es el almacenamiento de materiales con dimensiones que se ajusten al almacén.

El segundo caso es el almacenamiento de materiales con dimensiones superiores a las del almacén; estos deberán permanecer en el área de equipo de transporte de materiales.

### DIAGRAMAS DE FLUJO PARA COMPONENTES DEL BASTIDOR

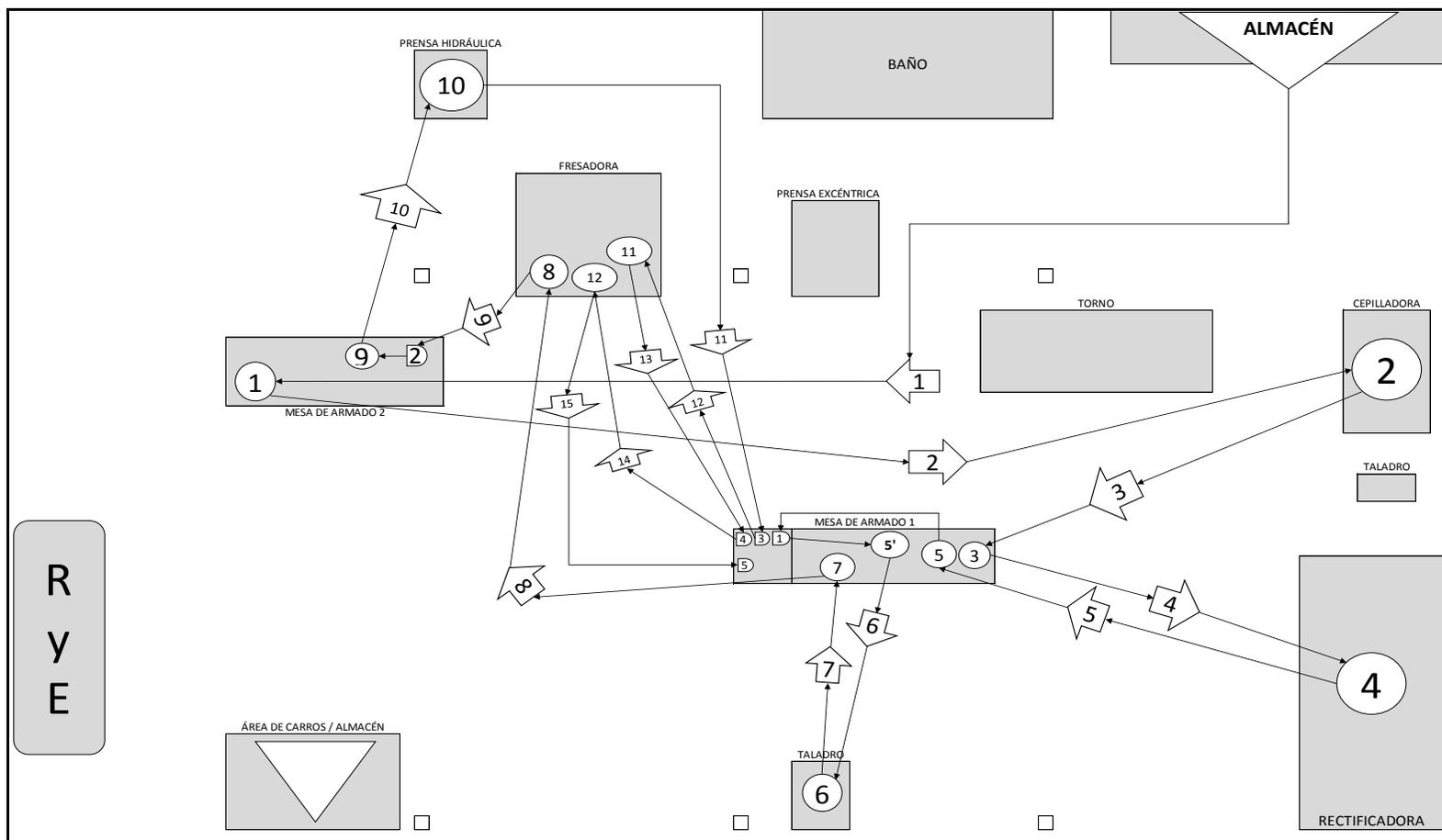


Figura 2.21 Diagrama de flujo para la base.

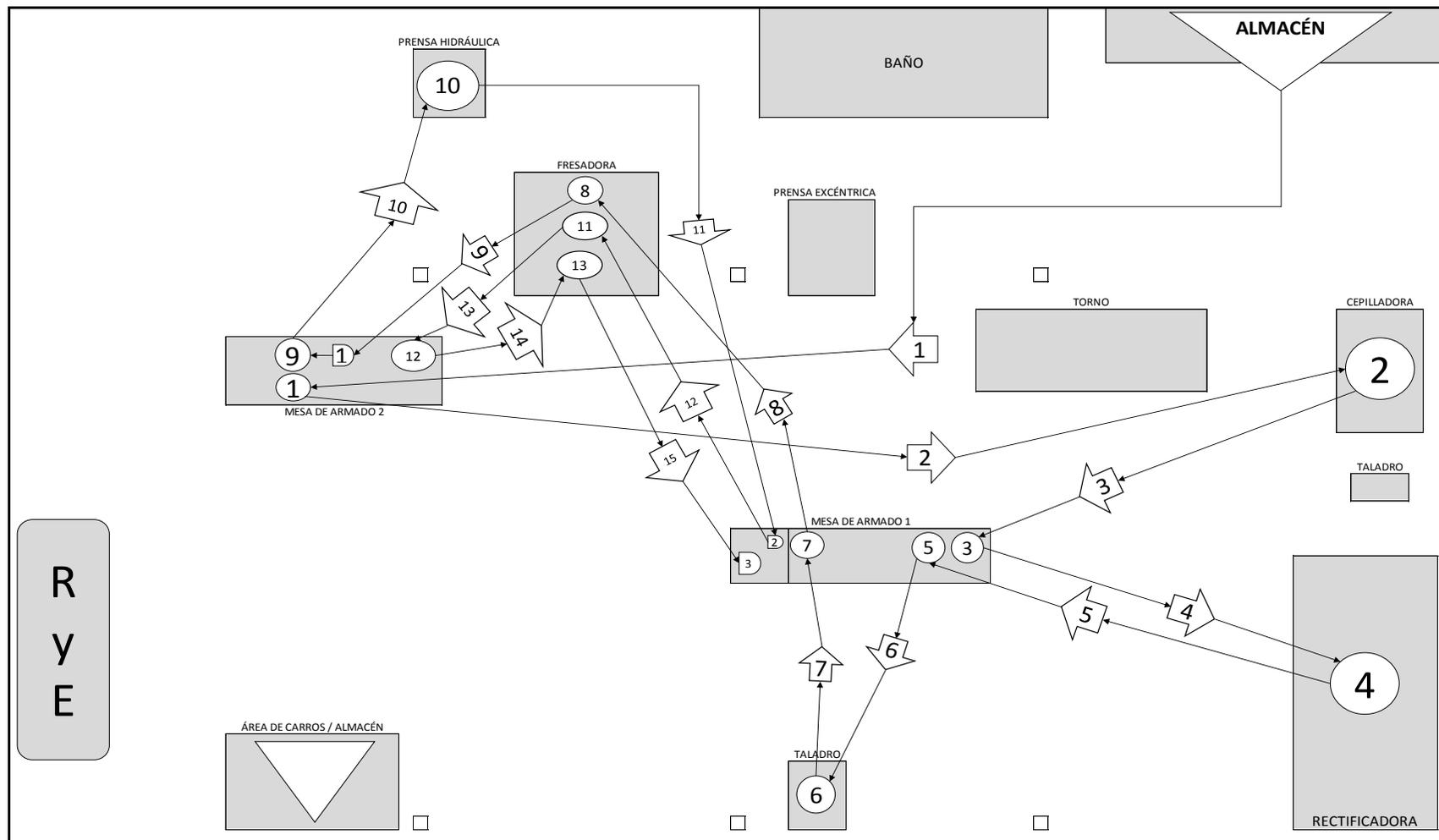


Figura 2.22 Diagrama de flujo para la tapa.

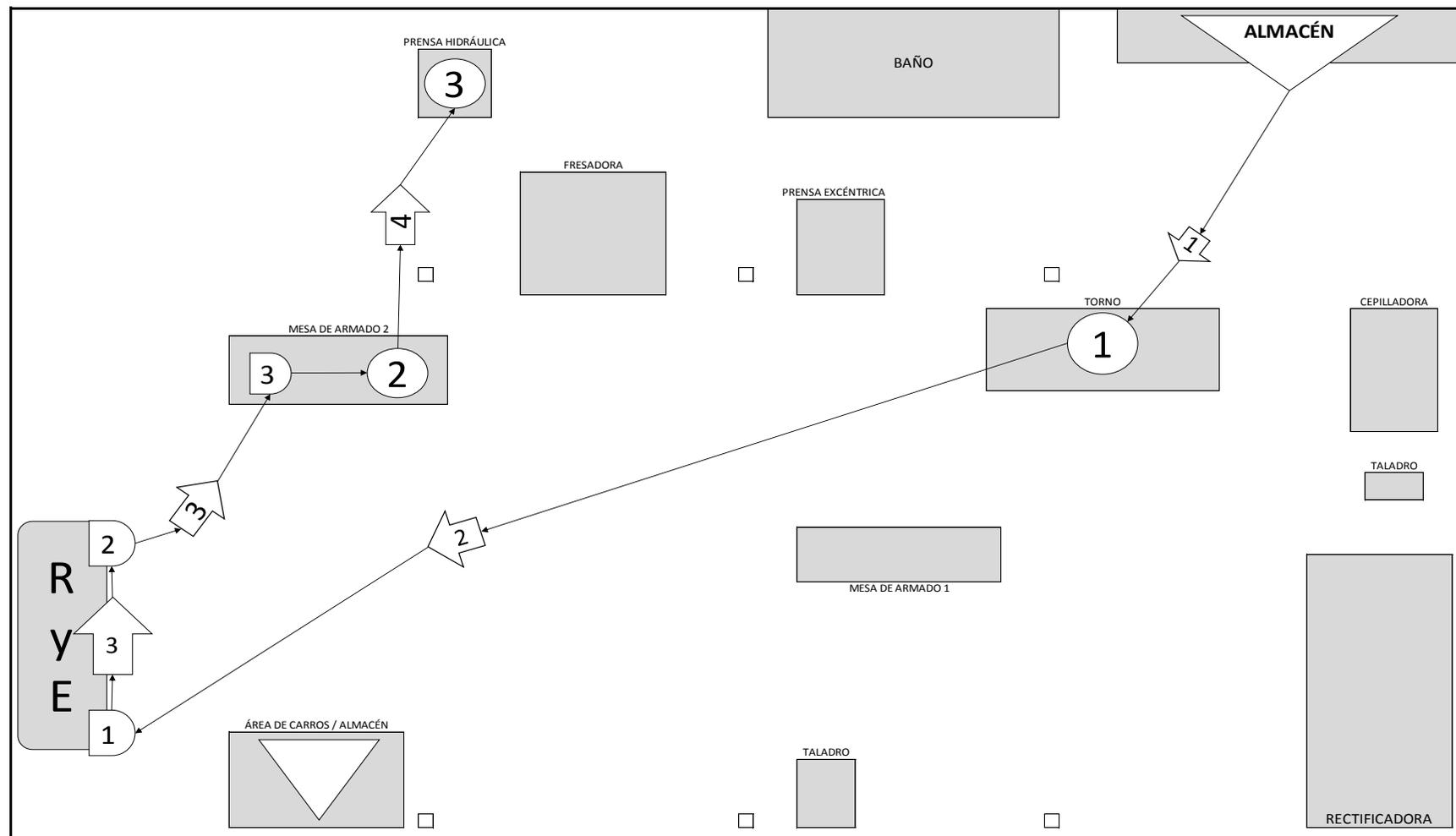


Figura 2.23 Diagrama de flujo para los ejes.

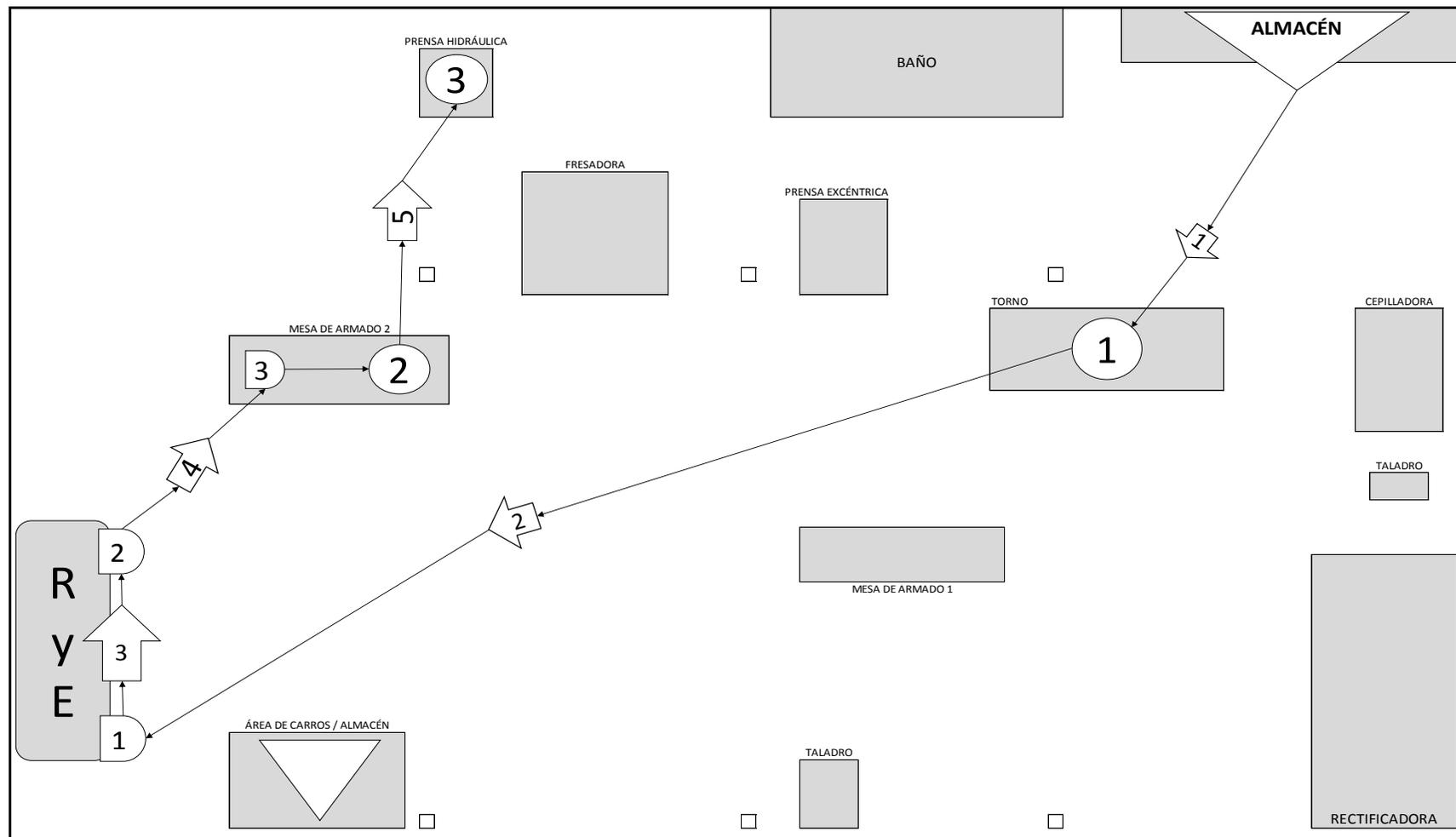


Figura 2.24 Diagrama de flujo para los bujes.



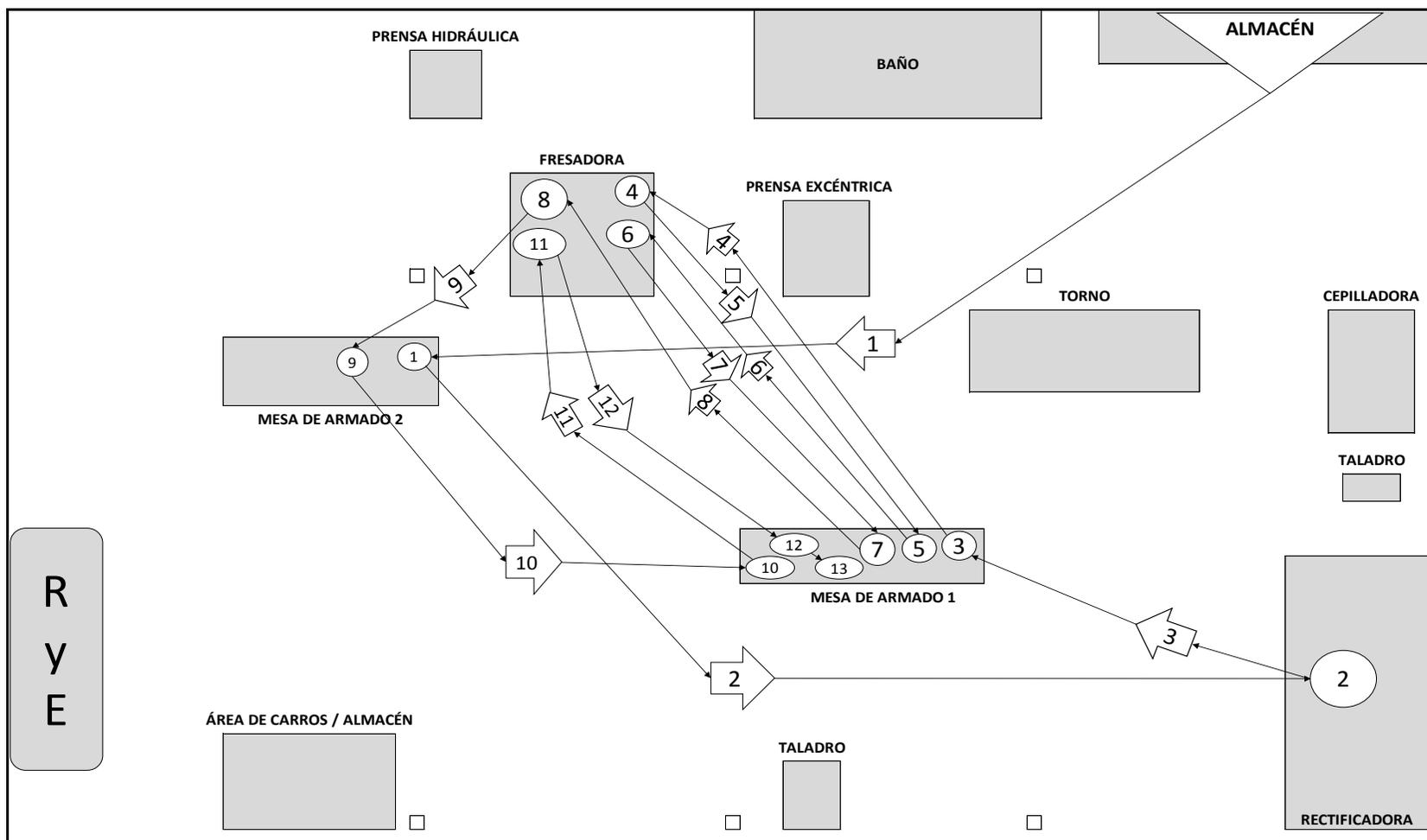


Figura 2.26 Diagrama de flujo para la matriz.

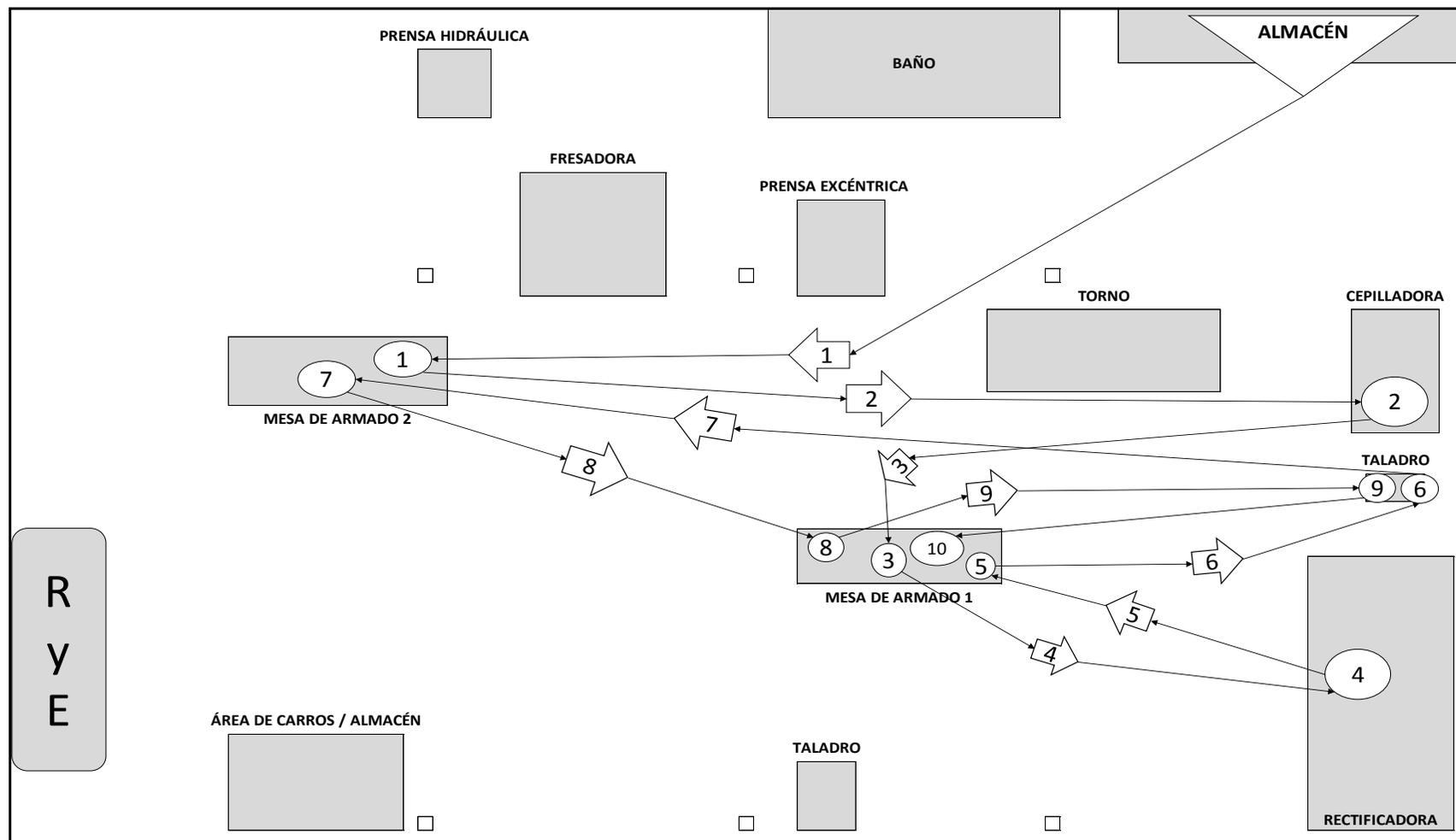


Figura 2.27 Diagrama de flujo para las guías.

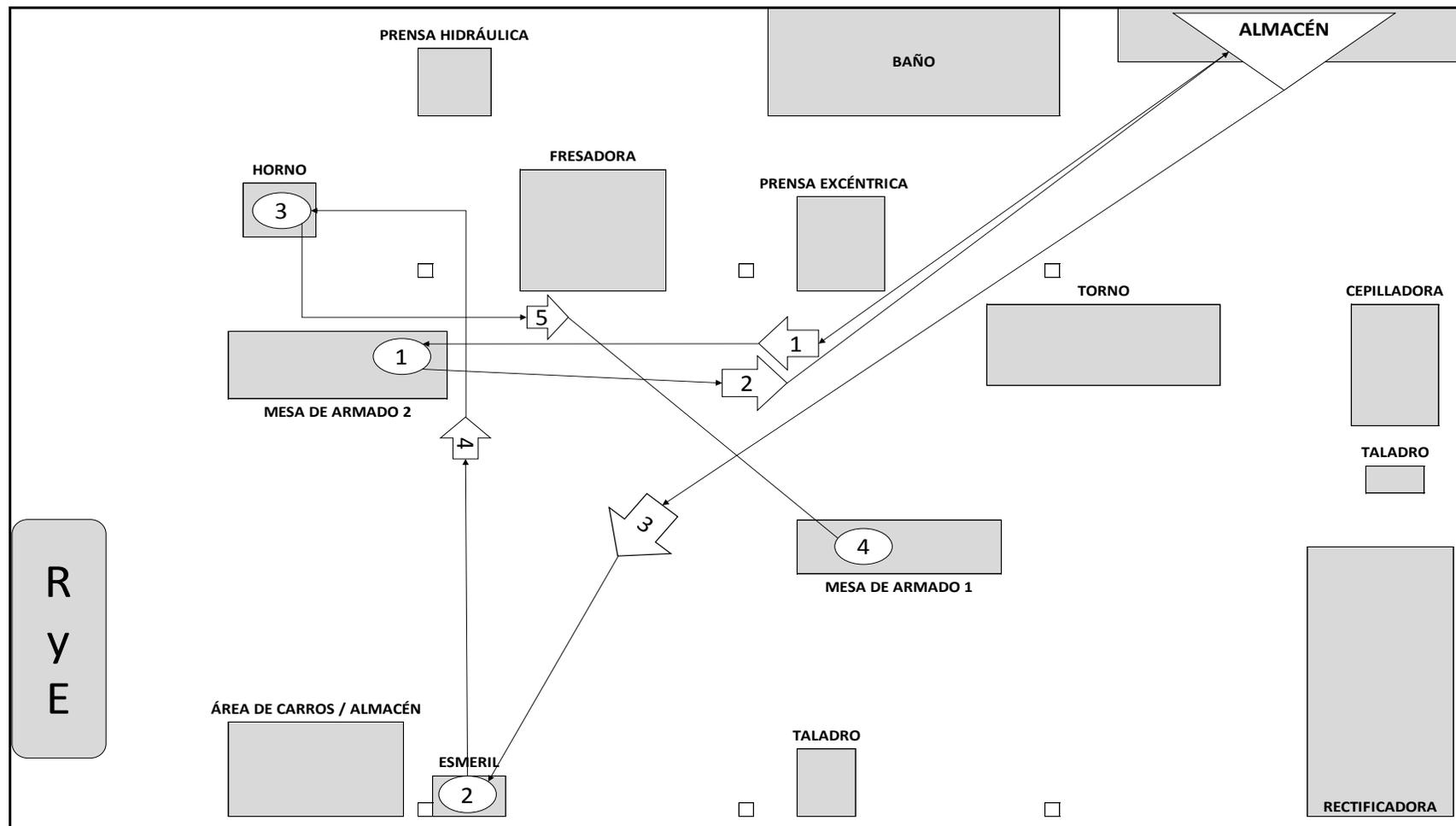


Figura 2.28 Diagrama de flujo de los topes.

### DIAGRAMA DE FLUJO PARA COMPONENTE DE EXTRACCIÓN

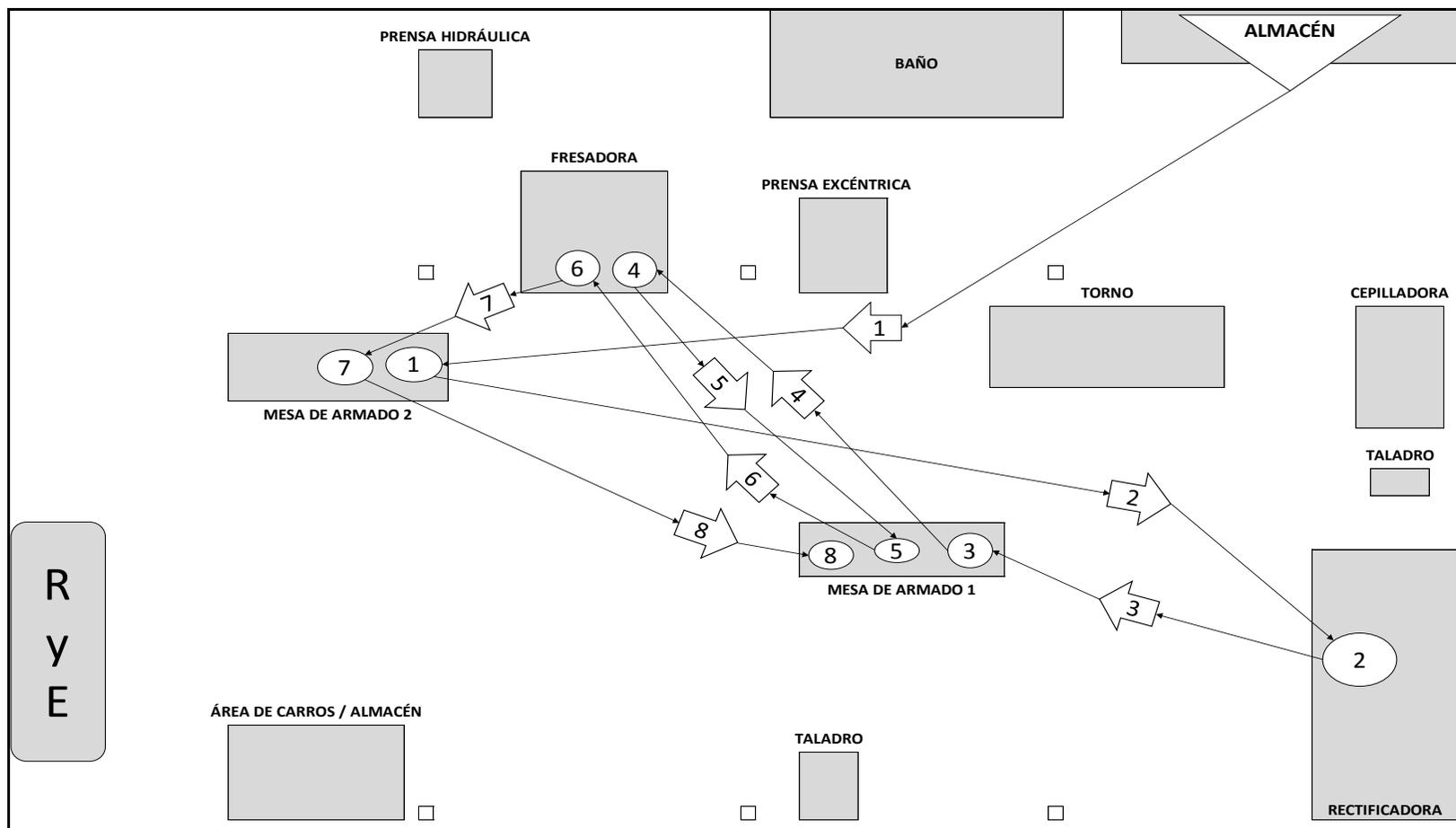


Figura 2.29 Diagrama de flujo del pisa-plancha.

Conocidas las rutas de fabricación y su flujo a través de la planta se realizará la tabla del proceso para cada componente, aquí se detallará y registrará de mejor manera las actividades del proceso.

Para la clasificación de cada actividad según su función se usará los mismos símbolos que se usó para los diagramas de flujo, es decir los de la Tabla 2.

En la siguiente ilustración se tiene el formato de tabla del proceso que se usará:

MecPrec							TABLA DE PROCESO				
<input type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:	PÁGINA	DE			
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA:											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:											
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACENAMIENTOS	DIST. mtrs.	CANTIDAD	HORAS/ UNIDAD	COSTO • UNIDAD
			○ →	□	D	▽					
1			○ →	□	D	▽					
			○ →	□	D	▽					

Figura 2.30 Tabla del proceso.  
Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura, pág. 149.

En esta tabla se podrá registrar los detalles de fabricación del componente a lo largo de su ruta; se registrará el nombre del componente, la descripción a breve detalle de la operación y de las actividades, el método de transporte de materiales, producto en proceso, partes o producto terminado, se podrá clasificar cada actividad por su función, para el caso del movimiento entre estaciones se deberá registrar la distancia recorrida medida en metros, la columna horas por unidad puede referirse al tiempo de operación de una estación sobre un elemento, la cantidad se refiere a muchas cosas, por ejemplo, en operaciones puede ser la tasa de producción por hora o el número de piezas procesadas, en transporte cuántas piezas se movieron ese momento, en inspección el número de inspecciones o frecuencia de inspección, en demora puede escribirse la cantidad de piezas en el contenedor, en almacenamiento cuántas unidades hay por unidad de almacenamiento; la columna costo por unidad permitirá determinar el costo final de los movimientos y del proceso en sí, esto facilitará el proceso de selección del tipo de distribución.

La alta variabilidad en el tiempo de procesamiento de los componentes producidos en MecPrec permitirá únicamente que se registre las distancias recorridas entre estaciones, el método de transporte de piezas o materia prima, las cantidades en operación y transporte, para el estudio de la distribución.

A continuación, se tiene las tablas de proceso registradas para cada elemento:

### TABLAS DEL PROCESO PARA COMPONENTES DEL BASTIDOR

Tabla 2.2 Tabla del proceso de la base.

		MecPrec		TABLA DE PROCESO																	
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO	FECHA: 21/Nov/2015		PÁGINA 1 DE 4															
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: BASE																					
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Dar limpieza inicial posterior a la llegada del material, señalar especificaciones correspondientes, maquinar y preparar para ensamble.																					
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACIÓN		TRANSPORTE		REPLICACIONES		SINCRONIZ.		ALMACENAMIENTO		CANTIDAD		REPAR. / OTRAS		COSTO / LIBRADO		SUCESOS DE TIEMPO / COSTO		
			OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	OP	TR	
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación.	Manual	○	➔								16,50	1								
2	Limpieza de rebaba de oxicorte, descascarado y señalado de especificaciones A.		●	➔																	
3	Llevar a cepilladora.	Manual	○	➔								10,80	1								
4	Cepillar de acuerdo a especificaciones A.		●	➔																	
5	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								4,70	1								
6	Limar rebaba de cepillado.		●	➔																	
7	Llevar a rectificadora.	Manual	○	➔								5,00	1								
8	Rectificar ambas caras.		●	➔																	
9	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								5,00	1								
10	Señalar agujeros para ejes.		●	➔																	
11	Esperar para juntar con tapa para operación en conjunto.		○	➔										X							
12	Llevar conjunto a fresadora / taladro.	Manual	○	➔								3,25	2								
13	Taladrado y avellanado de base y tapa.		●	➔																	
14	Llevar conjunto a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								3,25	2								
15	Desarmar conjunto.		●	➔																	
16	Llevar base a fresadora / taladro.	Manual	○	➔								4,90	1								
17	Escariado de orificios en base.		●	➔																	
18	Llevar base a mesa de armado 2.	Manual	○	➔								2,80	1								
19	Esperar tapa, ejes y bujes para operación en conjunto.		○	➔										X							
20	Juntar los componentes.		●	➔																	
21	Llevar a prensa.	Manual	○	➔								3,00	4								
22	Juntar ejes con base.		●	➔																	
23	Llevar conjunto a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								7,10	4								
24	Esperar matriz → operación en conjunto.		○	➔										X							
25	Llevar a fresadora.	Manual	○	➔								7,10	4								
26	Maquinado de especificaciones B para la matriz.		●	➔																	
27	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								7,10	1								
28	Esperar pisa-plancha → señalar especificaciones A para maquinado para componentes de extracción.		○	➔										X							
29	Llevar a fresadora para maquinar espec. A para comp. de extracción.	Manual	○	➔								7,10	1								
30	Maquinado de espec. A para comp. de extracción.		●	➔																	
31	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔								7,10	1								
32	Esperar ensamble.		○	➔										X							
												<b>94,70</b>									
												<b>TOTAL</b>									

Tabla 2.3 Tabla del proceso de la tapa.

		MecPrec					TABLA DE PROCESO						
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE				<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO	FECHA: 21/Nov/2015		PÁGINA 1 DE 4				
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: TAPA													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Dar limpieza inicial posterior a la llegada del material, señalar especificaciones correspondientes, maquinar y preparar para ensamble.													
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACIÓN		TRANSPORTE	INSPECCIONES	BRANOS	ALMACENAMIENTOS	DIS. m/m²	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO / UNIDAD	CÁLCULOS DE TIEMPO / COSTO
			OPERA	OPERA									
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación.	Manual	○	➔ 1	□	○	▽		16,50	1			
2	Limpieza de rebaba de oxicorte y descascarado.		● 1	➔	□	○	▽						
3	Llevar a cepilladora.	Manual	○	➔ 2	□	○	▽		10,80	1			
4	Cepillar de acuerdo a especificaciones.		● 2	➔	□	○	▽						
5	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔ 3	□	○	▽		4,70	1			
6	Limar rebaba de cepillado.		● 3	➔	□	○	▽						
7	Llevar a rectificadora.	Manual	○	➔ 4	□	○	▽		5,00	1			
8	Rectificar ambas caras.		● 4	➔	□	○	▽						
9	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔ 5	□	○	▽		5,00	1			
10	Juntar con base para operación en conjunto.		● 5	➔	□	○	▽						
11	Llevar conjunto a fresadora / taladro.	Manual	○	➔ 6	□	○	▽		3,25	2			
12	Taladrado y avellanado de base y tapa.		● 6	➔	□	○	▽						
13	Llevar conjunto a mesa de armado 1.	Manual	○	➔ 7	□	○	▽		3,25	2			
14	Desarmar conjunto.		● 7	➔	□	○	▽						
15	Llevar tapa a fresadora / taladro.	Manual	○	➔ 8	□	○	▽		4,90	1			
16	Escarado de tapa.		● 8	➔	□	○	▽						
17	Llevar tapa a mesa de armado 2.	Manual	○	➔ 9	□	○	▽		2,80	1			
18	Esperar base, ejes y bujes para operación en conjunto.		○	➔	□	● 1	▽			x			
19	Juntar los componentes.		● 9	➔	□	○	▽						
20	Llevar a la prensa	Manual	○	➔ 10	□	○	▽		3,00	4			
21	Juntar bujes con tapa		● 10	➔	□	○	▽						
22	Llevar conjunto a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 11	□	○	▽		7,10	4			
23	Esperar punzón → operación en conjunto		○	➔	□	● 2	▽			x			
24	Llevar conjunto a fresadora	Manual	○	➔ 12	□	○	▽		7,10	1			
25	Guiado de espec. B para punzón		● 11	➔	□	○	▽						
26	Llevar a mesa de armado 2	Manual	○	➔ 13	□	○	▽		2,80	1			
27	Desmontaje para maquinado de espec. B del punzón		● 12	➔	□	○	▽						
28	Llevar a fresadora	Manual	○	➔ 14	□	○	▽		2,80	1			
29	Maquinado con especificaciones B del punzón		● 13	➔	□	○	▽						
30	Llevar a mesa de armado 1.	Manual	○	➔ 15	□	○	▽		7,10	1			
31	Esperar ensamble		○	➔	□	● 3	▽			x			
									<b>86,10</b>				
									<b>TOTAL</b>				

Tabla 2.4 Tabla del proceso de los bujes.

		MecPrec		TABLA DE PROCESO									
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO	FECHA: 21/Nov/2015		PÁGINA 2 DE 4							
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: BUJES													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Maquinar según especificaciones, dar tratamientos y esperar ensamble.													
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	CATEGORÍAS DE OPERACIÓN										
			OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEBIDAS	ALMACENAMIENTOS	DIST. MIT.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO / UNIDAD	CÁLCULOS DE TIEMPO / COSTO	
1	Tomar material del almacén y llevar a máquina	Manual	○	➔ 1	□	◐	▽		5,90	1			
2	Maquinar según especificaciones A		● 1	➔	□	◐	▽						
3	Llevar a horno	Manual	○	➔ 2	□	◐	▽		12,90	1			
4	Tratamiento térmico		○	➔	□	● 1	▽			x			
5	Llevar a servicio de rectificad	Transporte	○	➔ 3	□	◐	▽		x	1			
6	Rectificado		○	➔	□	● 2	▽			x			
7	Llevar a mesa de armado 2	Manual	○	➔ 4	□	◐	▽		4,40	1			
8	Esperar base, tapa y ejes para operación en conjunto		○	➔	□	● 3	▽			x			
9	Juntar los componentes		● 2	➔	□	◐	▽						
10	Llevar a prensa	Manual	○	➔ 5	□	◐	▽		3,00	1			
11	Juntar bujes con tapa		● 3	➔	□	◐	▽						
12	Ruta finalizada		○	➔	□	◐	▽						
									<b>26,20</b>				
									<b>TOTAL</b>				

Tabla 2.5 Tabla del proceso para los ejes.

		MecPrec		TABLA DE PROCESO									
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO	FECHA: 21/Nov/2015		PÁGINA 1 DE 4							
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: EJES													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Maquinar según especificaciones, dar tratamientos y esperar ensamble.													
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	CATEGORÍAS DE OPERACIÓN										
			OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEBIDAS	ALMACENAMIENTOS	DIST. MIT.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO / UNIDAD	CÁLCULOS DE TIEMPO / COSTO	
1	Tomar material del almacén y llevar a la máquina.	Manual	○	➔ 1	□	◐	▽		2,80	2			
2	Maquinar según especificaciones.		● 1	➔	□	◐	▽						
3	Llevar a horno.	Manual	○	➔ 2	□	◐	▽		12,50	2			
4	Tratamiento térmico.		● 2	➔	□	◐	▽						
5	Llevar a rectificar.	Manual	○	➔ 3	□	◐	▽		x	2			
6	Rectificado.		● 3	➔	□	◐	▽						
7	Llevar a mesa de armado 2.	Manual	○	➔ 4	□	◐	▽		3,50	2			
8	Juntar base, tapa y bujes para operación en conjunto.		● 4	➔	□	◐	▽						
9	Llevar a prensa.	Manual	○	➔ 5	□	◐	▽		3,00	2			
10	Juntar ejes con base		● 5	➔	□	◐	▽						
11	Ruta finalizada.	Manual	○	➔	□	◐	▽						
									<b>21,80</b>				
									<b>TOTAL</b>				

## TABLAS DEL PROCESO PARA COMPONENTES DE ACTUACIÓN

Tabla 2.6 Tabla del proceso para la matriz.

MecPrec		TABLA DE PROCESO															
<input type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 21/Nov/2015			PÁGINA 1 DE 4										
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: BASE																	
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Dar limpieza inicial posterior a la llegada del material, señalar especificaciones correspondientes, maquinar y preparar para ensamble.																	
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACIONES														
			OPERACION	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACENAMIENTOS	DET. nrm.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO / UNIDAD	CALCULOS DE TIEMPO / COSTO					
1	Tomar material del almacén y llevar preparación inicial	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15,00	1				
2	Limpieza general (limado, pulido)		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
3	Llevar a rectificadora	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11,10	1				
4	Maquinado inicial (limpieza)		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
5	Llevar a mesa de armado 1	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5,00	1				
6	Limar rebaba y señalar según diseño		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
7	Llevar a fresadora	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	1				
8	Maquinado con especificaciones A		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
9	Llevar a mesa de armado 1	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	1				
10	Limar rebaba y señalar según diseño		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
11	Llevar a fresadora	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	1				
12	Maquinado con especificaciones B		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
13	Llevar a mesa de armado 1	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	1				
14	Ajuste base con matriz		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
15	Llevar a fresadora	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	1				
16	Base y matriz → Maquinado con especificaciones B		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
17	Llevar a mesa de armado 2	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,80	2				
18	Roscado		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
19	Llevar a mesa de armado 1	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6,10	1				
20	Sujetar con base y señalar especificaciones C		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
21	Llevar conjunto a fresadora	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	2				
22	Maquinar conjunto con especificaciones C		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
23	Llevar a mesa de armado 1	Manual	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4,90	2				
24	Fijar matriz en base		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
25	Esperar punzón → Operación en conjunto		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		x								
26	Juntar con pisa-plancha → Señalar especificaciones D		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
27	Desarmar pisa-plancha y guías		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
28	Esperar para ensamble		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		x								
											<b>74,30</b>						
											<b>TOTAL</b>						

Tabla 2.7 Tabla de proceso para el punzón.

		MecPrec		TABLA DE PROCESO									
		<input type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO	FECHA: 21/Nov/2015		PÁGINA 1 DE 4							
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: TAPA													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Dar limpieza inicial posterior a la llegada del material, señalar especificaciones correspondientes, maquinar y preparar para ensamble.													
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE	OPERACIONES										
			OPERACION	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACENAMIENTOS	DIST. mtrs.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO * UNIDAD	CALCULOS DE TIEMPO / COSTO	
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual	○	➔ 1	□	D	▽		15,00	1			
2	Limpieza general (limado, pulido)		● 1	➔	□	D	▽						
3	Llevar a cepilladora	Manual	○	➔ 2	□	D	▽		10,80	1			
4	Maquinado inicial → Limpieza		● 2	➔	□	D	▽						
5	Llevar a rectificadora	Manual	○	➔ 3	□	D	▽		2,40	1			
6	Rectificado de especificaciones (ajuste)		● 3	➔	□	D	▽						
7	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 4	□	D	▽		5,00	1			
8	Centrar punzón con matriz y tapa para señalar especificaciones B		● 4	➔	□	D	▽						
9	Llevar conjunto a fresadora	Manual	○	➔ 5	□	D	▽		4,90	1			
10	Guiado de especificaciones B		● 5	➔	□	D	▽						
11	Llevar a mesa de armado 2	Manual	○	➔ 6	□	D	▽		2,80	1			
12	Desmontaje para maquinado de punzón		● 6	➔	□	D	▽						
13	Llevar a fresadora	Manual	○	➔ 7	□	D	▽		2,80	1			
14	Maquinado con especificaciones B		● 7	➔	□	D	▽						
15	Llevar a mesa de armado 2	Manual	○	➔ 8	□	D	▽		2,80	1			
16	Roscado		● 8	➔	□	D	▽						
17	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 9	□	D	▽		6,10	1			
18	Sujetar con tapa (centrado)		● 9	➔	□	D	▽						
19	Verificación de centrado y señalización de especificaciones C		○	➔	■ 1	D	▽			x			
20	Llevar a fresadora	Manual	○	➔ 10	□	D	▽		4,90	1			
21	Maquinar conjunto con especificaciones C		● 10	➔	□	D	▽						
22	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 11	□	D	▽		4,90	1			
23	Fijar punzón en tapa		● 11	➔	□	D	▽						
24	Esperar ensamble		○	➔	■ 1	▽				x			
									<b>62,40</b>				
									<b>TOTAL</b>				

Tabla 2.8 Tabla del proceso para los topes.

		MecPrec					TABLA DE PROCESO				
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA: 21/Nov/2015	PÁGINA 2 DE 4				
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: TOPES											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Preparar pasadores para ensamble.											
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE						DST. mtrs.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO / UNIDAD
			OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACENAMIENTOS				
1	Tomar varilla de acero plata del depósito y llevar hacia el área de corte.	Manual						15,00			
2	Cortar según medidas										
3	Dejar material	Manual						15,00			
4	Llevar a esmeril	Manual						17,50			
5	Dar radio en las puntas										
6	Llevar a horno	Manual						8,00			
7	Tratamiento térmico										
8	Llevar a mesa de armado 1	Manual						7,30			
9	Lijar										
10	Ensamblar										
								<b>62,80</b>			
								<b>TOTAL</b>			

Tabla 2.9 Tabla del proceso para las guías.

		MecPrec					TABLA DE PROCESO						
		<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE	<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA: 21/Nov/2015	PÁGINA 1 DE 4						
DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA: <b>GUÍAS</b>													
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: Maquinar según especificaciones y esperar ensamble.													
E T A P A	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO DE TRANSPORTE						AMACENAJEMENTOS	DIST. mts.	CANTIDAD	HORAS / UNIDAD	COSTO * UNIDAD	CÁLCULOS DE TIEMPO / COSTO
			OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS							
1	Tomar material del almacén y llevar a preparación	Manual	○	➔ 1	□	D	▽	15,00	2				
2	Limpieza general (limado, pulido)		● 1	➔	□	D	▽						
3	Llevar a cepilladora	Manual	○	➔ 2	□	D	▽	10,80	2				
4	Cepillado con especificaciones		● 2	➔	□	D	▽						
5	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 3	□	D	▽	4,70	2				
6	Limar rebaba de cepillado		● 3	➔	□	D	▽						
7	Llevar a rectificadora	Manual	○	➔ 4	□	D	▽	5,00	2				
8	Rectificar		● 4	➔	□	D	▽						
9	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 5	□	D	▽	5,00	2				
10	Limar rebaba y señalar especificaciones D - B		● 5	➔	□	D	▽						
11	Llevar a taladro	Manual	○	➔ 6	□	D	▽	5,00	2				
12	Maquinar especificaciones D - B		● 6	➔	□	D	▽						
13	Llevar a mesa de armado 2	Manual	○	➔ 7	□	D	▽	11,10	2				
14	Roscar base de apoyo de guías (D - B)		● 7	➔	□	D	▽						
15	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 8	□	D	▽	6,10	2				
16	Sujetar guías y señalar especificaciones D - C		● 8	➔	□	D	▽						
17	Llevar a taladro	Manual	○	➔ 9	□	D	▽	5,00	2				
18	Maquinar especificaciones D - C		● 9	➔	□	D	▽						
19	Llevar a mesa de armado 1	Manual	○	➔ 10	□	D	▽	5,00	2				
20	Ensamblar		● 10	➔	□	D	▽						
								<b>72,70</b>					
								<b>TOTAL</b>					

Finalizada la secuenciación de las operaciones en la tabla de proceso se podrá realizar el análisis de flujos, se enfocará principalmente en el total de distancia recorrida, la disminución de esta mediante una buena distribución de áreas permitirá mejorar el tiempo de entrega para cualquier pedido.

El análisis de flujos se realizará en el siguiente capítulo.

#### **2.2.4.2. De ensamble**

El proceso de ensamble es la unión de todos los componentes del producto, ésta puede darse en el transcurso o al final del proceso; como se habrá notado en el proceso de construcción de matricería existen subensambles dentro del proceso, como por ejemplo el bastidor (estructura metálica donde se sujeta la matriz y el punzón), éste se ensambla al finalizar el maquinado de sus componentes debido a que posteriormente el ajuste matriz-punzón deberá realizarse en el cuerpo fijo de manera que el ajuste sea con la mayor precisión; luego de maquinarse las especificaciones para sujeción de la matriz y el punzón, se colocará la matriz a la base y el punzón a la tapa, dando paso al ensamble del pisa-plancha, que se lo realiza previo al maquinado de las guías y topes, después se maquina las especificaciones de sujeción de las guías y los topes para llegar al ensamble final que consiste en ajustar todos los componentes y acoplar las guías y topes conforme la configuración del proceso lo requiera.

En el proceso de construcción de matricería mixta los subensambles y el ensamble final se dan en la mesa de armado 1 y para el análisis del mismo se requerirá únicamente de los diagramas de flujo para los subensambles y ensamble final y sus gráficas.

A continuación, se indica una ilustración de los aspectos mencionados:

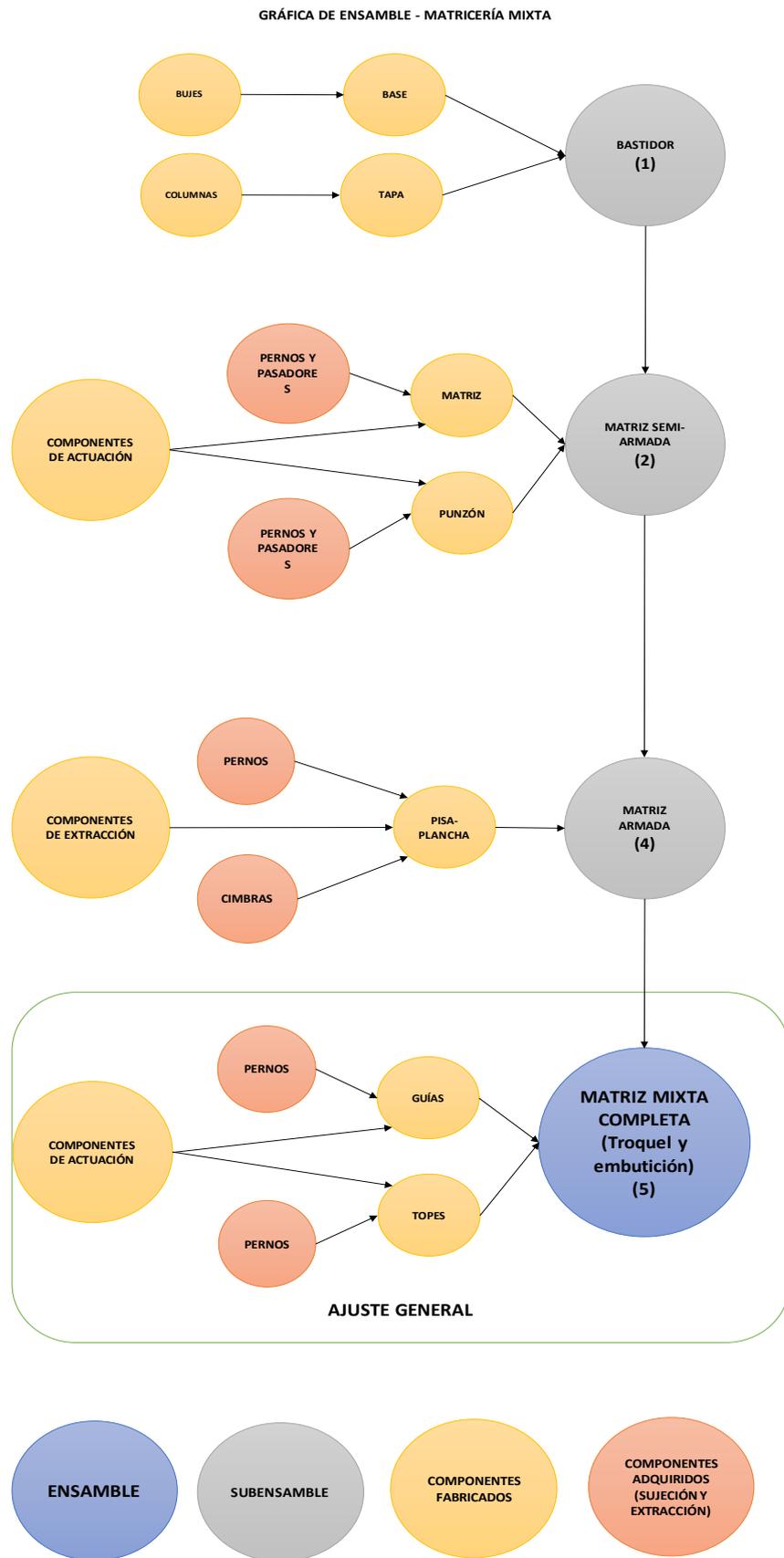


Figura 2.31 Gráfica de ensamble de matricería mixta.

Mediante el diagrama de ensamble indicado en la ilustración anterior se podrá identificar las rutas que se tiene para el proceso de ensamblado, estas rutas son los movimientos que hace el colaborador para tomar las herramientas e implementos necesarios para realizar el ensamble de la manera adecuada.

En las siguientes ilustraciones se indican las rutas identificadas para el proceso de ensamble, cabe mencionar que en los siguientes diagramas de la planta se añadirán los contenedores de herramientas e implementos existentes y en sus posiciones actuales:

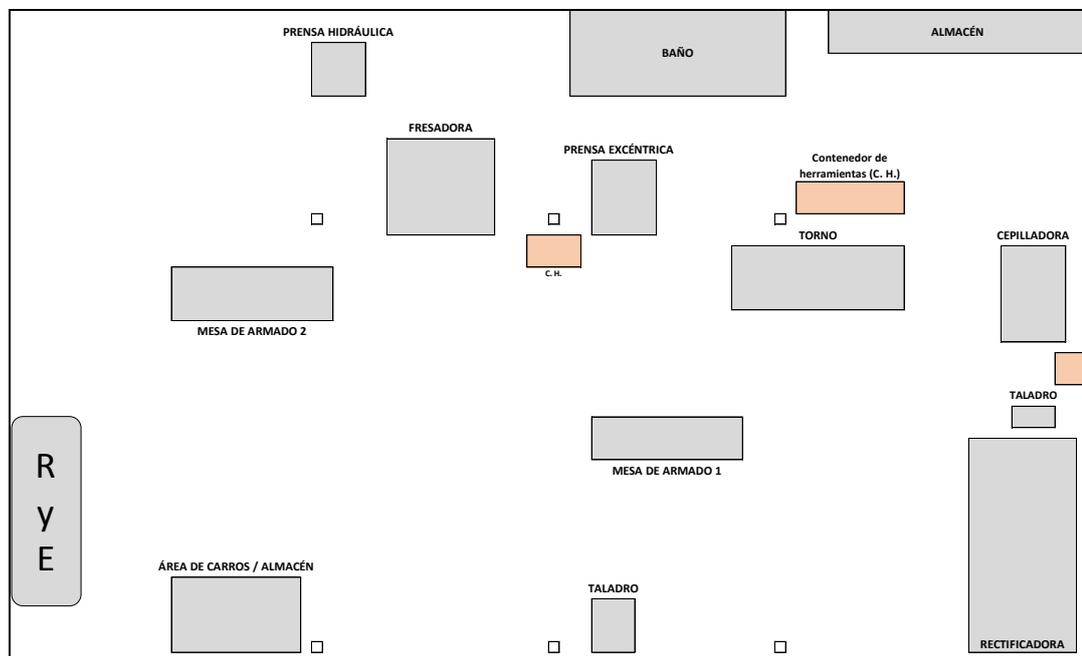


Figura 2.32 Diagrama de la planta con estaciones de trabajo y contenedores de herramientas.

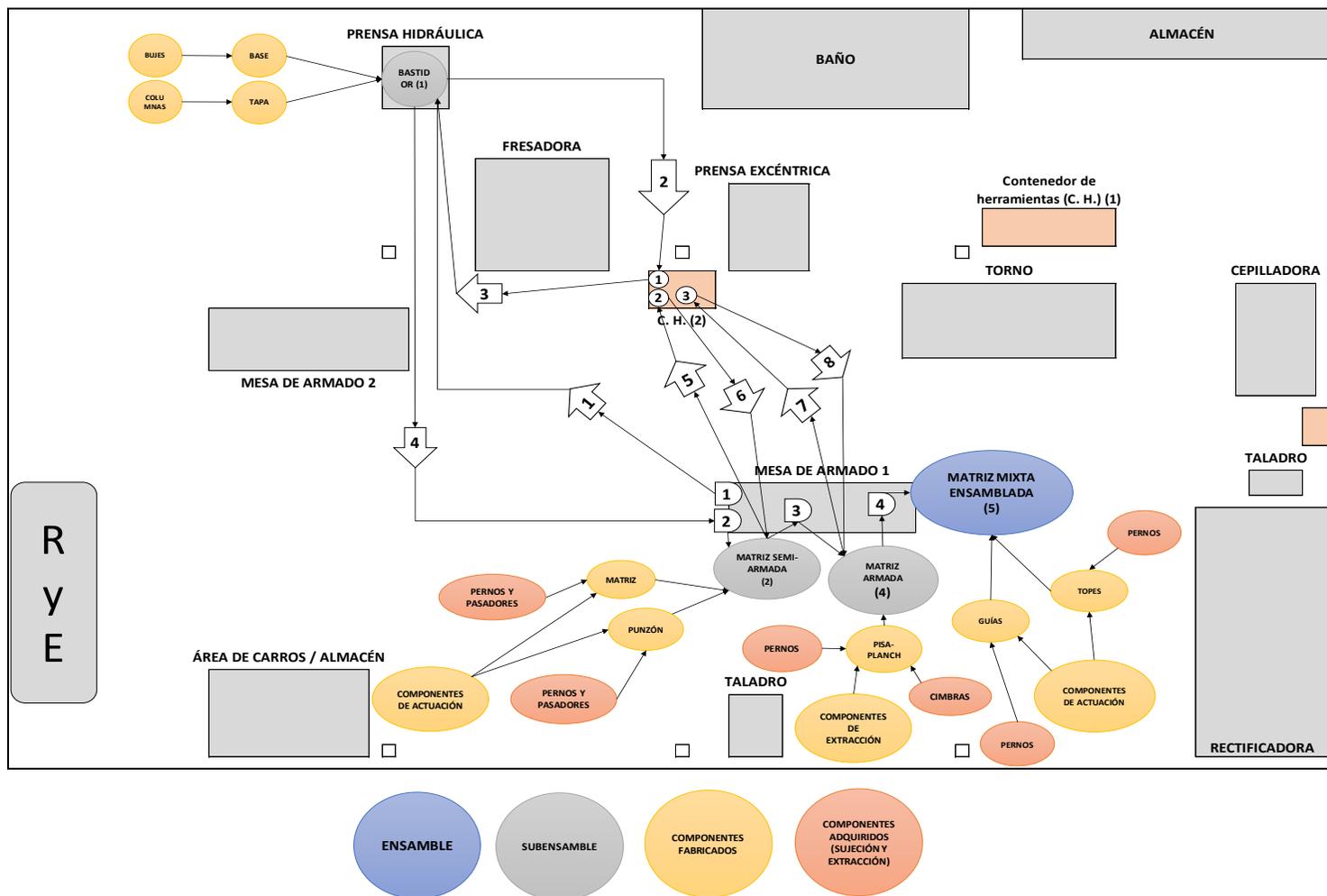


Figura 2.33 Diagrama de flujo para ensamble de matricería mixta.

El análisis de los flujos dentro del proceso de ensamble ofrecerá información para diseñar la estación de armado de manera que se halle en condiciones ideales para realizar el proceso en el menor tiempo posible.

El diseño de estaciones se realizará al finalizar la distribución de la maquinaria debido a que en ese momento se tendrán nuevas rutas y nuevas necesidades del proceso.

### 2.2.4.3. De pruebas

El proceso de pruebas es la fase final del proceso de construcción de matricería, la finalidad de éste es demostrar que el producto cumple las especificaciones establecidas en el proceso de diseño y por el cliente.

Los diferentes tipos de matricería requieren de diferente maquinaria para las pruebas, en la siguiente tabla se indica las opciones de maquinaria para el proceso de pruebas según el tipo de matriz:

Tabla 2.10 Tipo de maquinaria requerida para el proceso de pruebas de matricería.

Tipo de matriz	Maquinaria requerida	
	Prensa	
Troquel	Excéntrica	Hidráulica
Embutición		Hidráulica
Mixta (troquel y embutición)	Excéntrica	Hidráulica

Esta maquinaria es seleccionada al finalizar el proceso de ensamble, como se ha indicado, en ocasiones se puede realizar las pruebas en cualquiera de los dos tipos de maquinaria (prensa excéntrica o hidráulica). En el caso de la matricería mixta se puede usar cualquiera de los dos métodos, dependiendo del tamaño y producto a realizar por la matriz. Para el caso de estudio se considerará el uso de la maquinaria hidráulica debido a que la mayoría de productos requieren de pruebas en dicha maquinaria; cabe mencionar que el diseño de la distribución de la maquinaria para pruebas se hará en función de los flujos seguidos por todos los productos, a continuación, se indica un diagrama del proceso de pruebas:

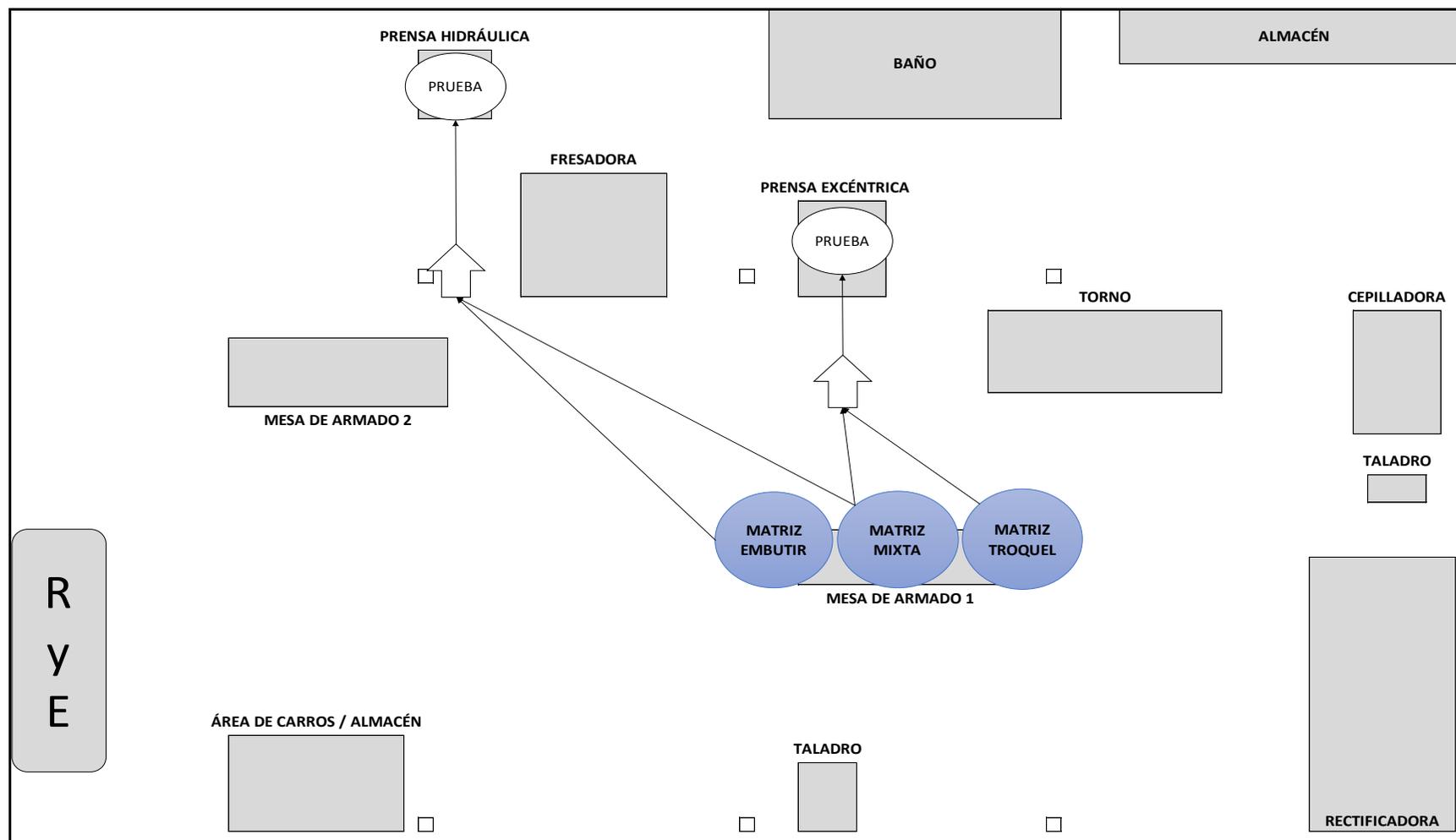


Figura 2.34 Diagrama de flujo del proceso de ensamble.



### **2.3. Conclusiones**

El análisis de los flujos permitirá identificar donde se pueden realizar mejoras; éstas se enfocarán en adecuar las estaciones de trabajo, reducir movimientos dentro de la planta y facilitar el manejo de materiales. La información obtenida de las rutas de fabricación se utilizará junto con el software de diseño de instalaciones para obtener opciones tentativas de distribución.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE INSTALACIONES

#### 3.1. Introducción

El diseño efectivo de la distribución es la parte esencial de este estudio; en este capítulo se aplicarán los conceptos revisados en el marco teórico de la sección 1 para desarrollar un sistema productivo con mayor eficiencia que el actual. Principalmente se estudiará la ubicación de la maquinaria para identificar posibilidades de redistribución, luego se propondrá un diseño para las nuevas estaciones de trabajo aplicando herramientas del Lean Manufacturing, y finalmente, se propondrá un sistema para el manejo de materiales que acelere y facilite el flujo a través de la planta y reduzca el nivel de mano de obra que requerida.

#### 3.2. Objetivo principal del diseño de distribución de planta

El principal objetivo del diseño de la distribución es minimizar el desperdicio de tiempo dentro del proceso de construcción mediante la reducción de movimientos y con la implementación de sistemas Lean que mejoren el ambiente laboral.

##### 3.2.1. Objetivos específicos

Los siguientes objetivos están indicados en orden secuencial conforme el desarrollo de la distribución:

- Realizar un boceto de la distribución actual con ayuda de un software especializado (AutoCAD).
- Analizar la información de las rutas de trabajo (AutoCAD), proponer alternativas de distribución y seleccionar la óptima.
- Realizar el nuevo diseño de la planta (AutoCAD).
- Diseñar las estaciones de trabajo.
- Diseñar el sistema de manejo de materiales.
- Realizar el boceto de la planta (AutoCAD).

### **3.3. La distribución**

Esta etapa comprende del análisis de la información recopilada del flujo de los procesos, que servirá para identificar las necesidades reales de cada punto por donde fluye el material o el personal, así se podrá definir los nuevos requerimientos de espacio, ubicación de las estaciones de trabajo y de equipo de manejo de materiales.

Se partirá con el desarrollo del plano de la distribución actual para posteriormente ingresar los datos de las rutas de trabajo en el software que simulará la situación actual referente a distancias recorridas durante el proceso; luego, mediante el uso de software se simulará la ubicación propuesta y se analizará la eficiencia adquirida, en caso de ser la más óptima se establecerá como el diseño final.

Seleccionado el modelo de distribución se podrá realizar el nuevo plano de las instalaciones, este indicará los espacios asignados para las nuevas estaciones de trabajo, y en el diagrama 3D se podrá ilustrar de manera real como la planta quedará después de la implementación del proyecto.

#### **3.3.1. Distribución actual**

El plano de la instalación actual permitirá identificar el espacio que dispone la planta; definido el plano, se podrá ubicar la maquinaria y equipos en sus posiciones actuales, para esto se deberá obtener el área que ocupa cada máquina, equipo de almacén o de transporte de material. Se deberá tomar medidas de la ubicación de cada equipo para la representación gráfica en el plano.

Luego de realizar el plano de la planta se procederá a realizar las hojas de ruta para obtener información de los flujos del proceso, esta información se utilizará junto con el software para realizar el análisis de los diferentes tipos de distribución a que se podría obtener.

Para iniciar el desarrollo de la distribución actual es necesario disponer del plano del terreno en donde se encuentra la nave:

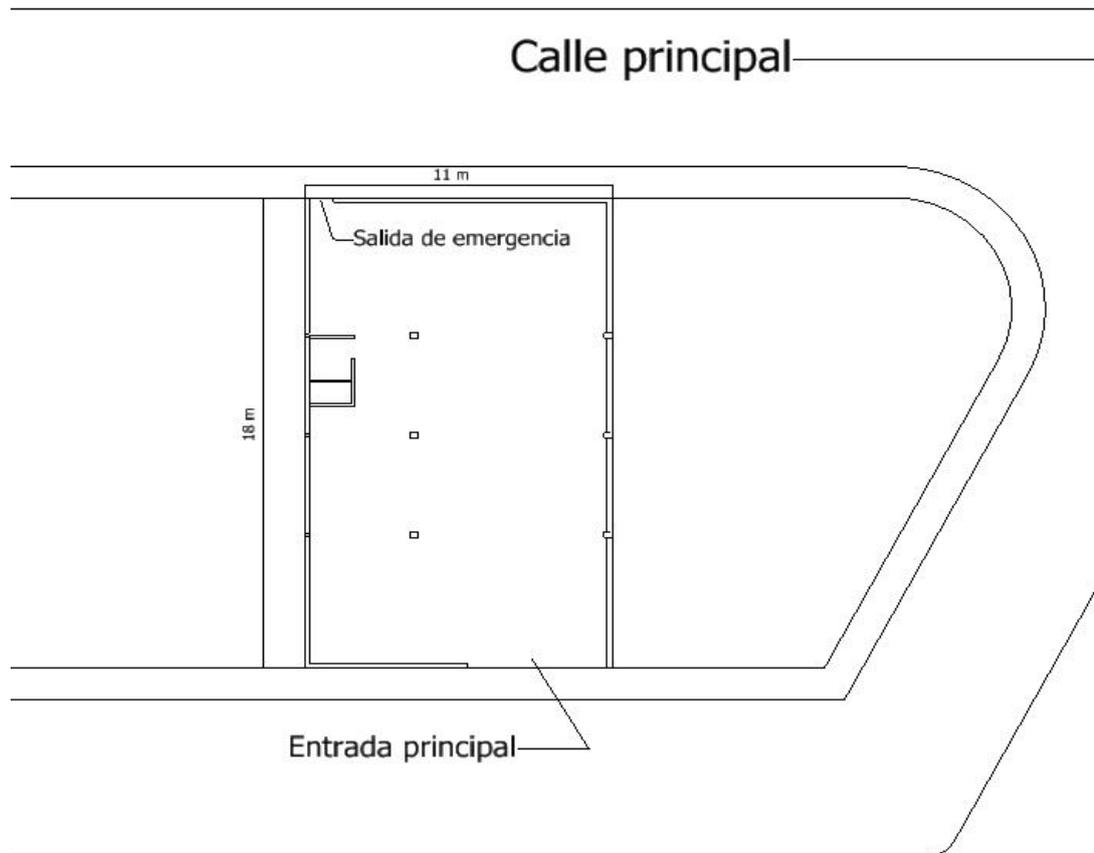


Figura 3.1 Plano del terreno.

Identificado el plano del terreno y sus limitaciones se puede realizar el plano de la planta con la maquinaria y equipos, que son los elementos indispensables para el análisis de los flujos. A continuación, se tiene una ilustración en 2D y 3D:

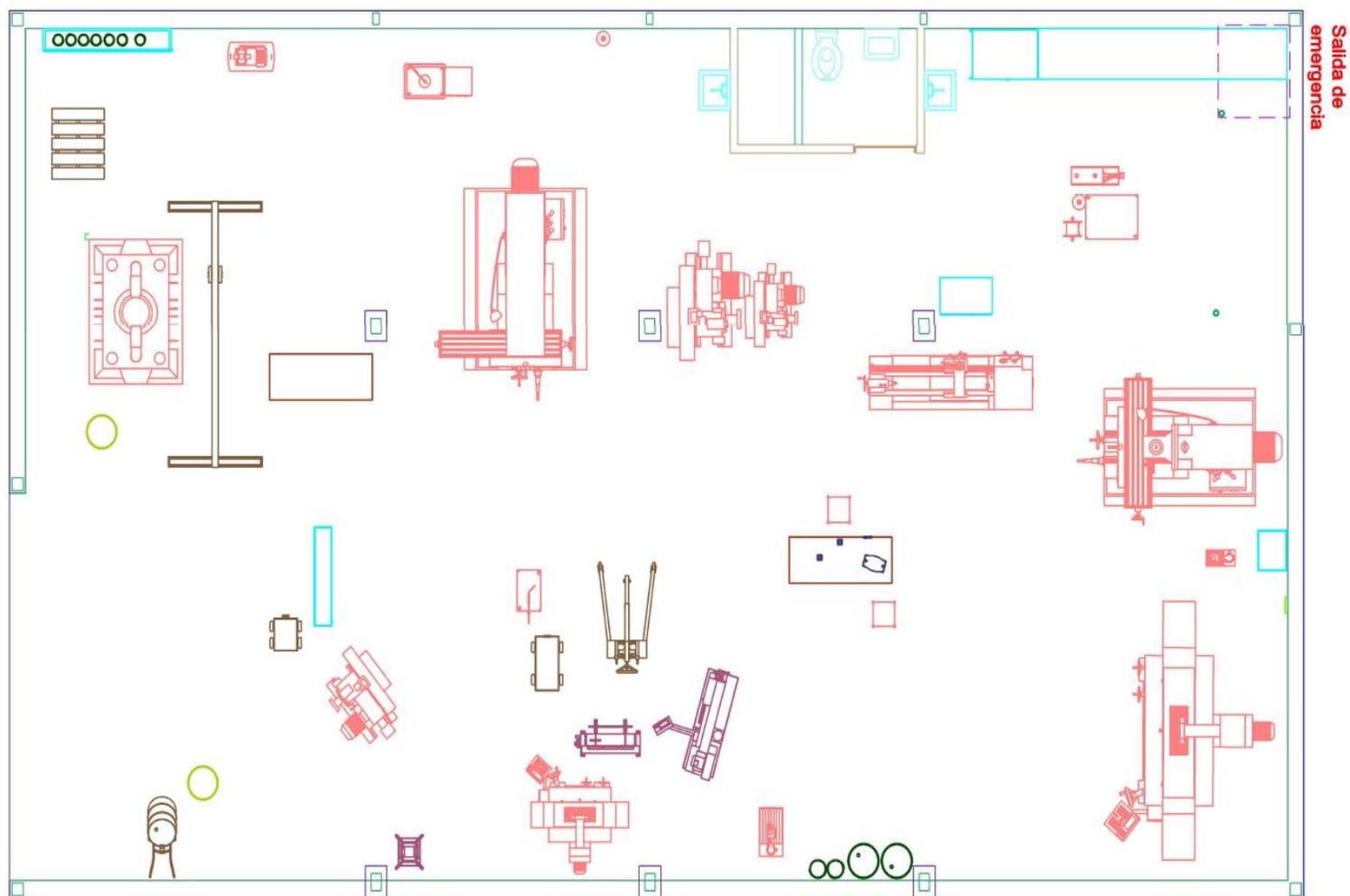


Figura 3.2 Diagrama 2D de la planta con la ubicación actual de la maquinaria y equipos.

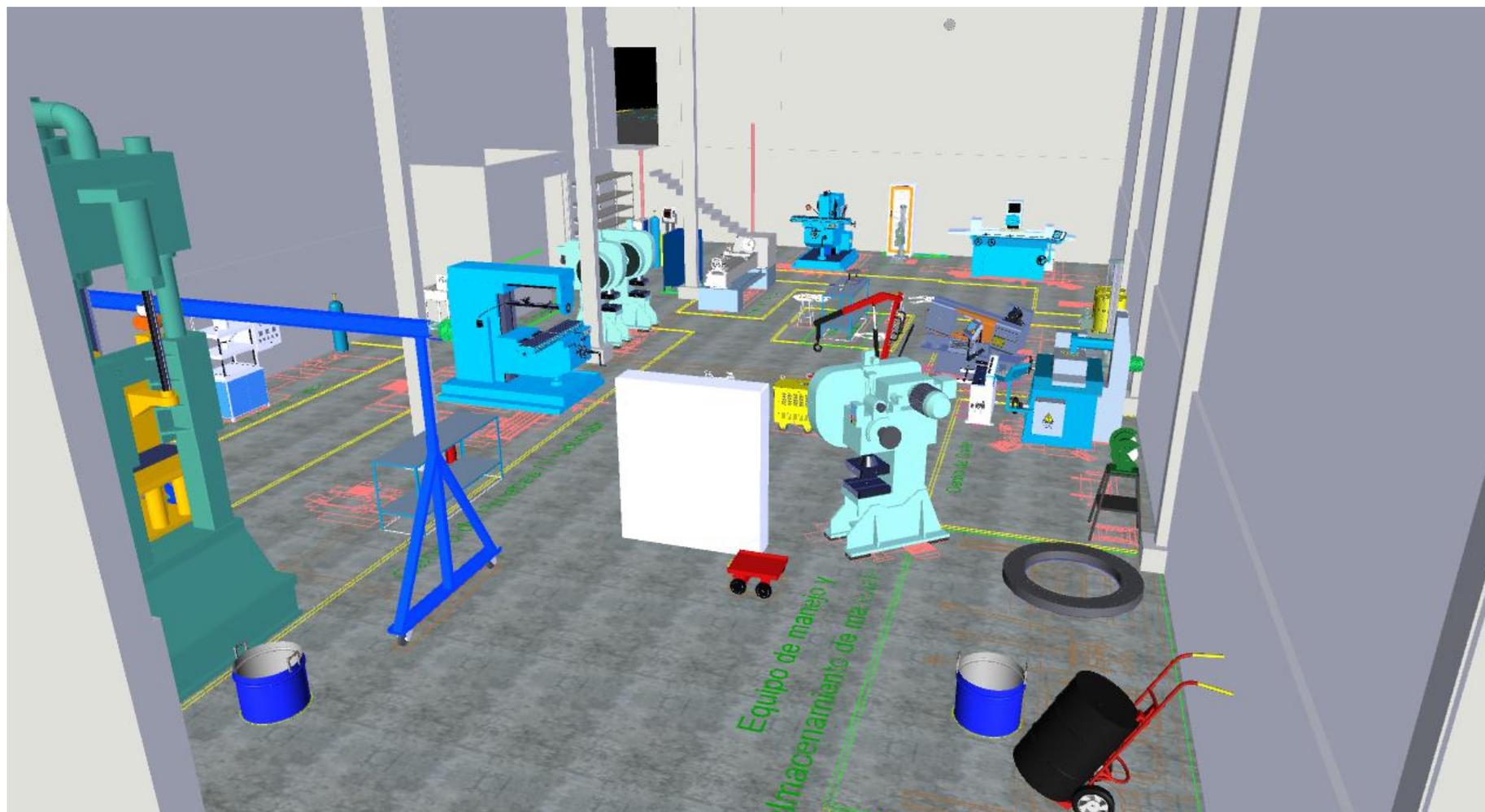


Figura 3.3 Diagrama 3D de la planta actual.

Definida la ubicación actual de la maquinaria se puede proceder a identificar y registrar las rutas de trabajo, para posteriormente realizar el análisis en el software.

### 3.3.2. Análisis de los flujos

Para realizar el análisis de los flujos se utilizará el software para diseño de instalaciones Autodesk Factory Design Suite; en este software se ingresará los datos recopilados de las rutas de procesamiento, de los diagramas de flujo y de las tablas de proceso, para posteriormente realizar la simulación de los movimientos que se dan en el proceso de construcción y obtener el total de distancia recorrida con la distribución actual.

Se deberá registrar en primer lugar las estaciones de trabajo por donde fluirán los materiales, partes o sub-ensambles, luego los productos o partes relevantes para el análisis de los flujos (en este caso se seleccionó únicamente la base, tapa, matriz, punzón y pisa-plancha) y finalmente las rutas de trabajo obtenidas anteriormente.

A continuación, se indica una ilustración de la interfaz del software en los aspectos mencionados:

#### LISTA DE ELEMENTOS EN LA SIMULACIÓN

##### MAQUINARIA:

A: Cepilladora

B: Rectificadora grande

C: Torno

D: Taladro grande

E: Prensa Excéntrica

F: Fresadora

G: Prensa H MecPrec

H: Taladro pequeño

4: Neumático e hidráulico

5: Fresadoras

6: Armario fresadora

##### EQUIPO DE

##### TRANSPORTE:

a: Pluma

b: Tecle

c: Carro pequeño

d: Carro grande

##### ALMACENES:

1: Materiales y partes

2: Rectificadora grande

3: Torno

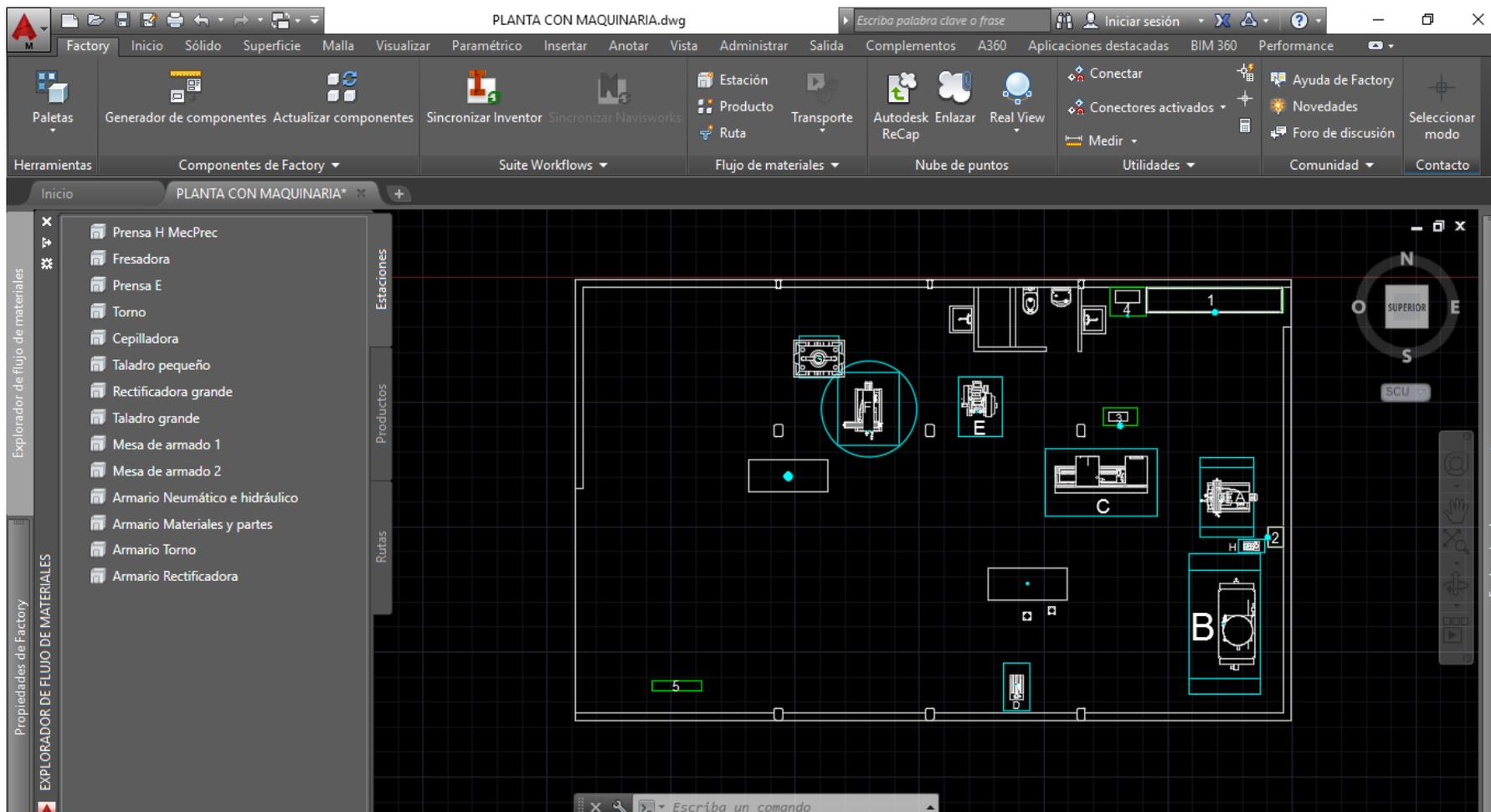


Figura 3.4 Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de estaciones de trabajo.

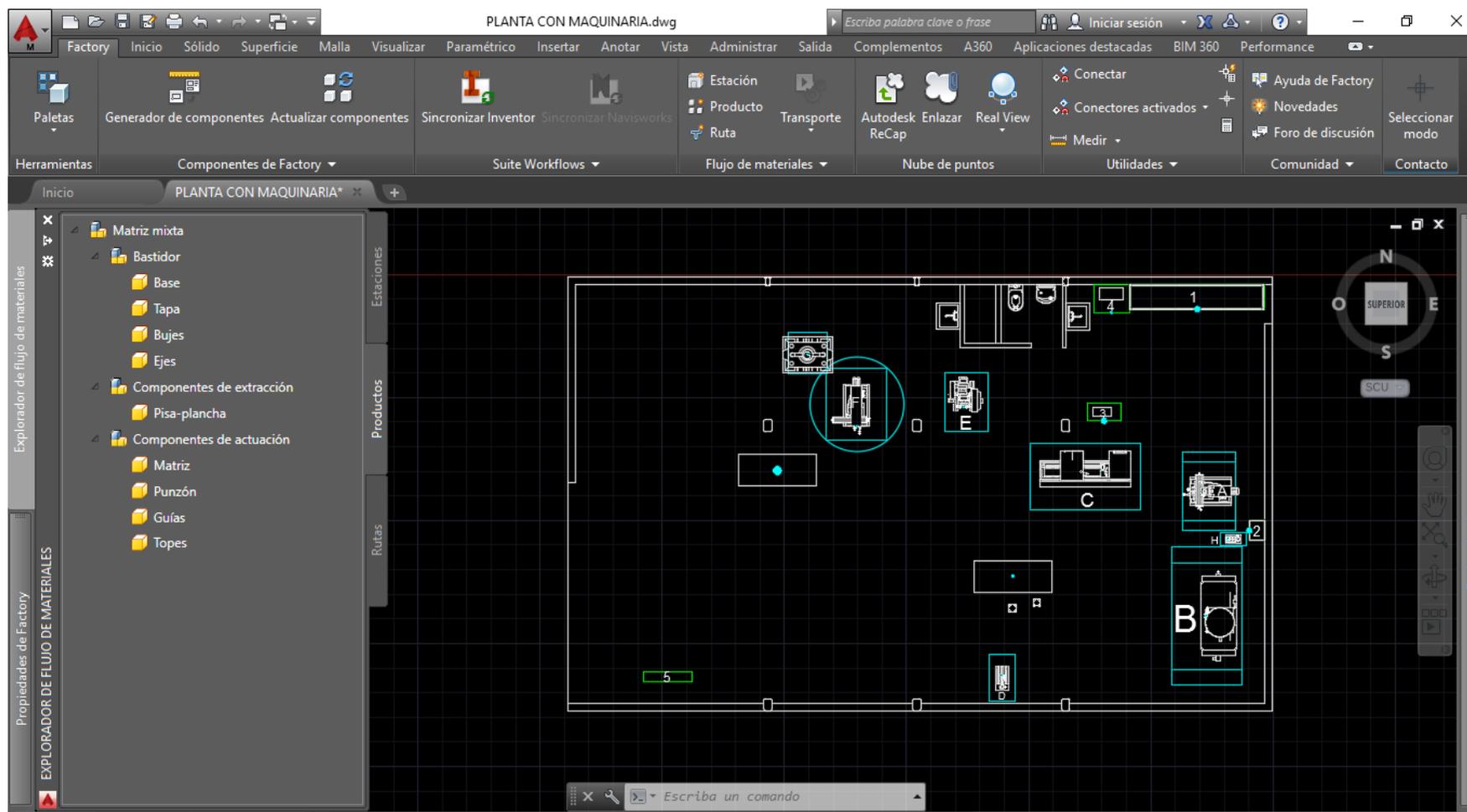


Figura 3.5 Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de productos.

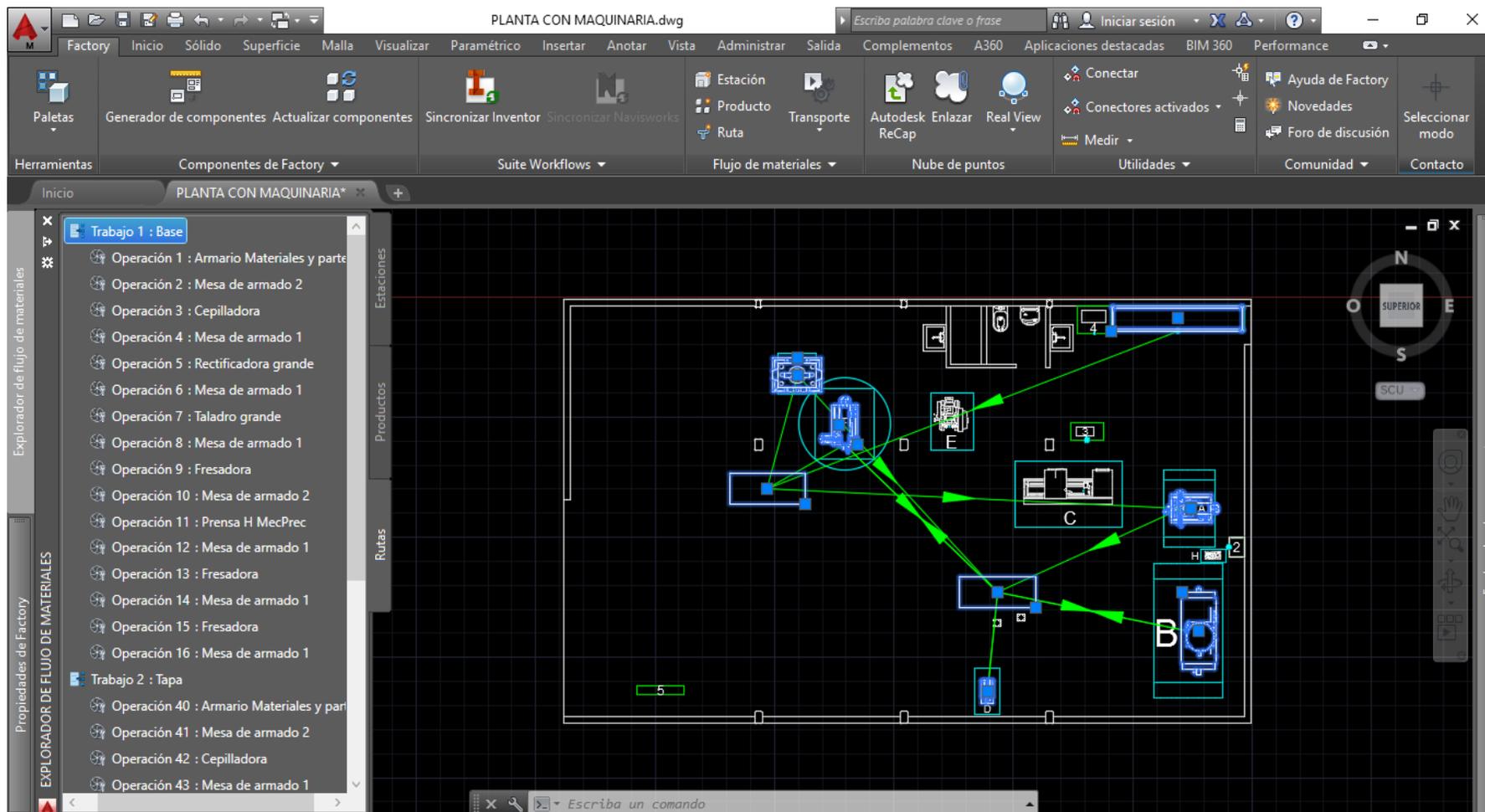


Figura 3.6 Interfaz AutoCAD Factory Design, sección de registro de rutas de fabricación.

Finalizado el proceso de registro de estaciones, productos y rutas de fabricación se puede realizar el proceso de simulación. Como se ha mencionado anteriormente, la finalidad de este estudio es reducir los desperdicios dentro de las operaciones, como por ejemplo, disminuyendo las distancias recorridas, mejorando el flujo de materiales con equipo adecuado, reubicando estaciones si es necesario y adecuando las mismas de manera que el proceso sea más eficiente; no se estudiará las actividades individuales de cada subproceso debido a que el procesamiento de las partes de un producto tienen una elevada variabilidad con respecto al de otro, ya sea por el número de componentes o por la dificultad de procesamiento.

Antes de realizar la simulación de cada proceso se debe conocer los parámetros de medición indicados en la siguiente tabla, básicamente enfocados a los movimientos:

Tabla 3.1 Parámetros de medición del transporte.

<b>PARÁMETROS DE MEDICIÓN DEL TRANSPORTE</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Velocidad promedio (m/min)</b>	<b>Costo (\$/min)</b>
Humano	41	\$ 0,04
Equipo actual	30	\$ 0,04

El transporte de materiales, partes o productos tiene dos opciones de transporte: el humano y con equipo (carro pequeño o grande, pluma o tecla). El transporte humano se considerará para los movimientos entre estaciones sin considerar la llegada del material, el tamaño o peso, siendo el costo por minuto de movimiento \$0.04 (costo por minuto de un operador → \$400/mes → 4 semanas → 40 h/semana → 60 min/h → \$0.04 / min); para el manejo de materiales se considerará el transporte con equipo y se ejemplificará la variabilidad en el tamaño y peso de algunos productos para realizar una correcta selección del sistema de manejo de materiales.

En la siguiente ilustración se indica la interfaz del programa de simulación, en él se encuentran especificadas las rutas de fabricación del proceso de construcción e indica los resultados obtenidos en cuanto a distancia recorrida:

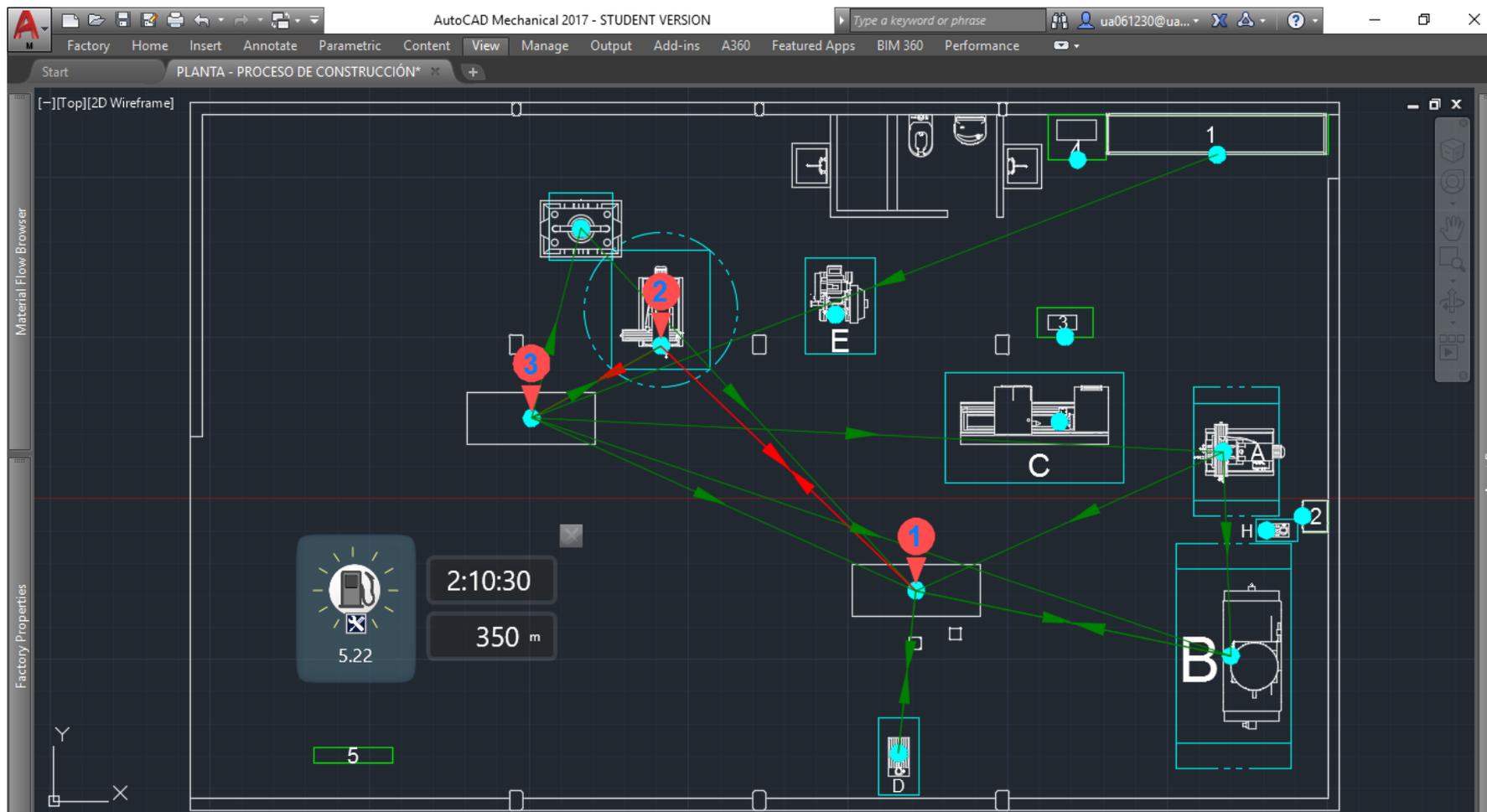


Figura 3.7 Simulación de movimientos para el proceso de construcción en la distribución actual.

La distancia de recorrido obtenida del proceso de construcción será el principal aspecto a reducir, debido a que el proceso de construcción es el más demorado, costoso y es la fase de mayor agregación de valor. A continuación, los resultados individuales de la simulación:

Tabla 3.2 Resultados de la simulación del proceso de construcción.

<b>Resultados simulación</b>				
<b>Parte</b>	<b>Distancia recorrida (m)</b>	<b>Tiempo de movimiento en min. (operador)</b>	<b>Costo de movimiento/min (operador)</b>	<b>Costo total (tiempo mov. x costo mov.)</b>
Base	83,4	32,01	\$ 0,04	\$ 1,29
Tapa	77	31,86		\$ 1,27
Matriz	75,6	25,83		\$ 1,03
Punzón	60,7	23,46		\$ 0,94
Pisa-plancha	53,6	17,30		\$ 0,70
	<b>350,3</b>	<b>2,17</b>		<b>\$ 5,22</b>
	<b>DISTANCIA TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

Estos resultados se deberán comparar con los resultados de simulaciones con otros modelos de distribución, así se seleccionará el más eficiente.

Ahora bien, el análisis de los flujos del proceso de ensamble facilitará el diseño de la estación de armado, ya que en el ensamble la mayoría de los movimientos que se dan son para buscar herramientas o materiales.

En la siguiente ilustración se tiene la simulación de los movimientos para el proceso de ensamble:

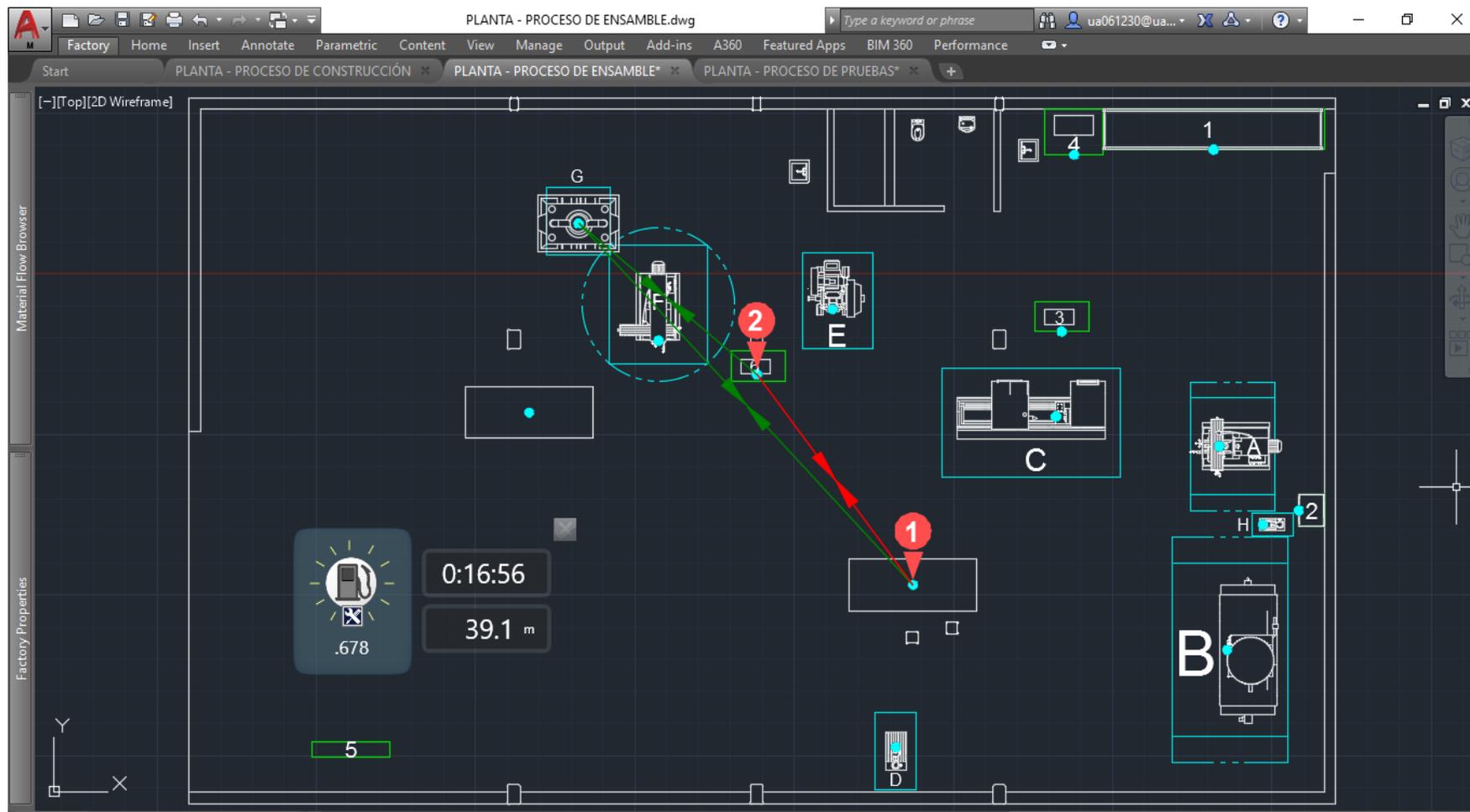


Figura 3.8 Simulación de movimientos del proceso de ensamble.

La gráfica será una referencia para el diseño de la estación de armado de manera que contenga los equipos y herramientas necesarios para realizar las actividades sin necesidad de realizar largos movimientos; también permitirá identificar la necesidad de reubicación de la maquinaria utilizada para los sub-ensambles, es decir la maquinaria de prensado.

En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos:

Tabla 3.3 Resultados de la simulación del proceso de ensamble.

<b>Resultados simulación</b>				
<b>Parte</b>	<b>Distancia recorrida (m)</b>	<b>Tiempo de movimiento en min. (operador)</b>	<b>Costo de movimiento/min (operador)</b>	<b>Costo total (tiempo mov. x costo mov.)</b>
Matriz mixta	39,1	16,93	\$ 0,04	\$ 0,68
	<b>39,1</b>	<b>0,28</b>		<b>\$ 0,68</b>
	<b>DISTANCI A TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

Finalmente, la simulación del proceso de pruebas, brindará información para reubicar la maquinaria conforme la salida del proceso de ensamble. En la siguiente ilustración se tiene los resultados de la simulación:

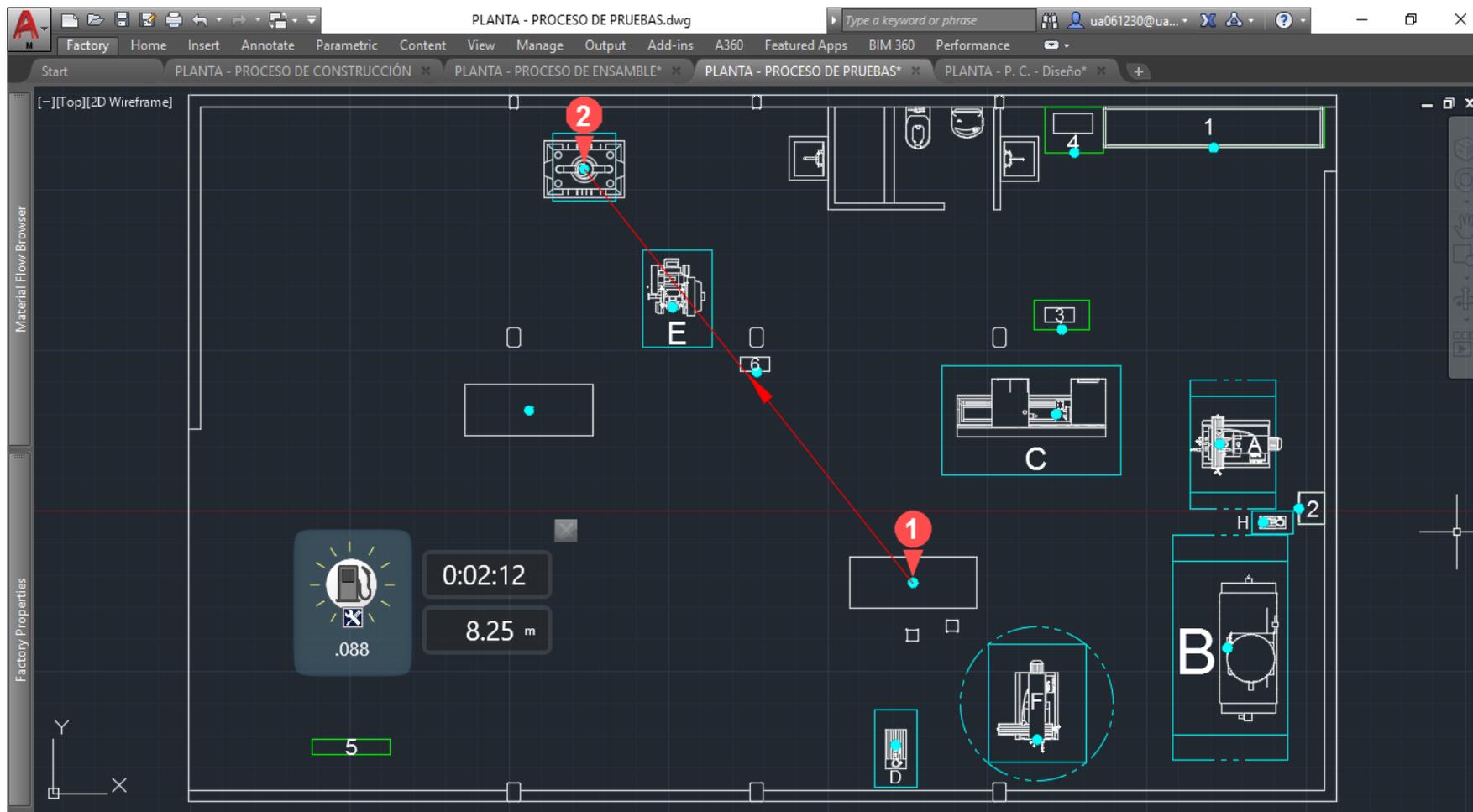


Figura 3.9 Simulación proceso de pruebas.

Tabla 3.4 Resultados de la simulación del proceso de pruebas.

<b>Resultados simulación</b>				
<b>Parte</b>	<b>Distancia recorrida (m)</b>	<b>Tiempo de movimiento en min. (operador)</b>	<b>Costo de movimiento/min (operador)</b>	<b>Costo total</b>
Matriz mixta	8,25	2,20	\$ 0,04	\$ 0,088
	<b>8,25</b>	<b>0,036</b>		<b>\$ 0,08</b>
	<b>DISTANCIA TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

Finalmente, basándose en los resultados de cada simulación y mediante el uso de los conceptos estudiados en la primera sección se propondrán diseños de distribución.

### 3.3.3. Diseño de la distribución

El proceso principal de MecPrec es la producción de matricería, este es un producto que se fabrica bajo pedido. El enunciado anterior permitirá enfocar el diseño de la distribución en base al tipo de procesamiento que se da en la mayoría de productos, es decir se desarrollará un modelo de planta enfocado en las estaciones de trabajo existentes y en función de la economía de movimientos. Para desarrollar el nuevo modelo de distribución se considerará a cada proceso por separado como en el caso del análisis de los flujos.

#### 3.3.3.1. Proceso de construcción

El proceso de construcción es el más importante al ser el que crea los componentes del producto, sus procedimientos son largos y sus rutas van través de la mayoría de los equipos. Este proceso es fundamental para incrementar la productividad de la planta, en ésta fase se da la mayor agregación de valor, por lo que debe estar enfocado en no generar desperdicios.

La manera de reducir los movimientos en esta distribución tipo taller, es creando y adecuando centros de trabajo que, a su vez con un Layout adecuado para las actividades y secuencia del proceso, permita tener trayectorias lo más cercanas posible y creen un ambiente más adecuado de trabajo.

Para esta distribución específica se ha notado que los movimientos recurren en la mayoría de los casos a la estación de armado 1, ya sea para realizar preparaciones, pre-ensambles o para esperar por algún componente; cabe mencionar que el ensamble final se lo realiza en la misma estación.

Este análisis a las rutas, indicó un patrón de movimientos “circular” alrededor de dicha estación; esta observación nos permite confirmar que la distribución basada en celdas de manufactura podría ser la más adecuada para este tipo de proceso.

Para distribuir la celda de manufactura se crearon centros de trabajo, en la siguiente tabla se aprecia clasificados por actividad.

Tabla 3.5 Centros de trabajo creados.

Máquina	Función	Centro de trabajo
Torno	Desbastar cilíndricamente.	Centro de torneado.
Fresadora	Fresar, taladrar, cepillar.	Centro de fresado / taladrado.
Cepilladora	Cepillar (desbastar linealmente).	
Taladro pequeño	Taladrar.	
Taladro grande		
Rectificadora grande	Dar acabado de superficies, desbastar.	Centro de rectificado.
Rectificadora pequeña		
Prensa excéntrica	Prensar, troquelar, embutir, forjar.	Centro de prensado - Línea de producción.
Prensa hidráulica MP	Prensar, troquelar, embutir.	
Prensa hidráulica Bliss		
Prensa hidráulica pequeña		
Prensa neumática		
Soldadora grande	Soldar.	Centro de suelda.
Soldadora pequeña		
Soldadora punto		
Autógena	Cortar, soldar.	
Mesa de armado	Ensamblar, dibujar, verificar.	Centro de armado

Las celdas de manufactura están diseñadas para procesar varios tipos de elementos con procesos similares en un ambiente en donde la maquinaria se encuentra siguiendo

algún patrón de movimientos, en este caso un patrón circular alrededor de la estación de armado 1. Al ubicar la maquinaria alrededor de dicha estación los movimientos se reducirán notablemente, ya que el simple hecho de agruparlas reduce la distancia entre cada centro; en la siguiente ilustración se tiene la primera reubicación tentativa, siendo la fresadora el primer equipo trasladado y la estación de armado 2 se ha fusionado con la estación de armado 1, con la finalidad de realizar todos los ajustes en la misma estación, la gráfica a continuación:

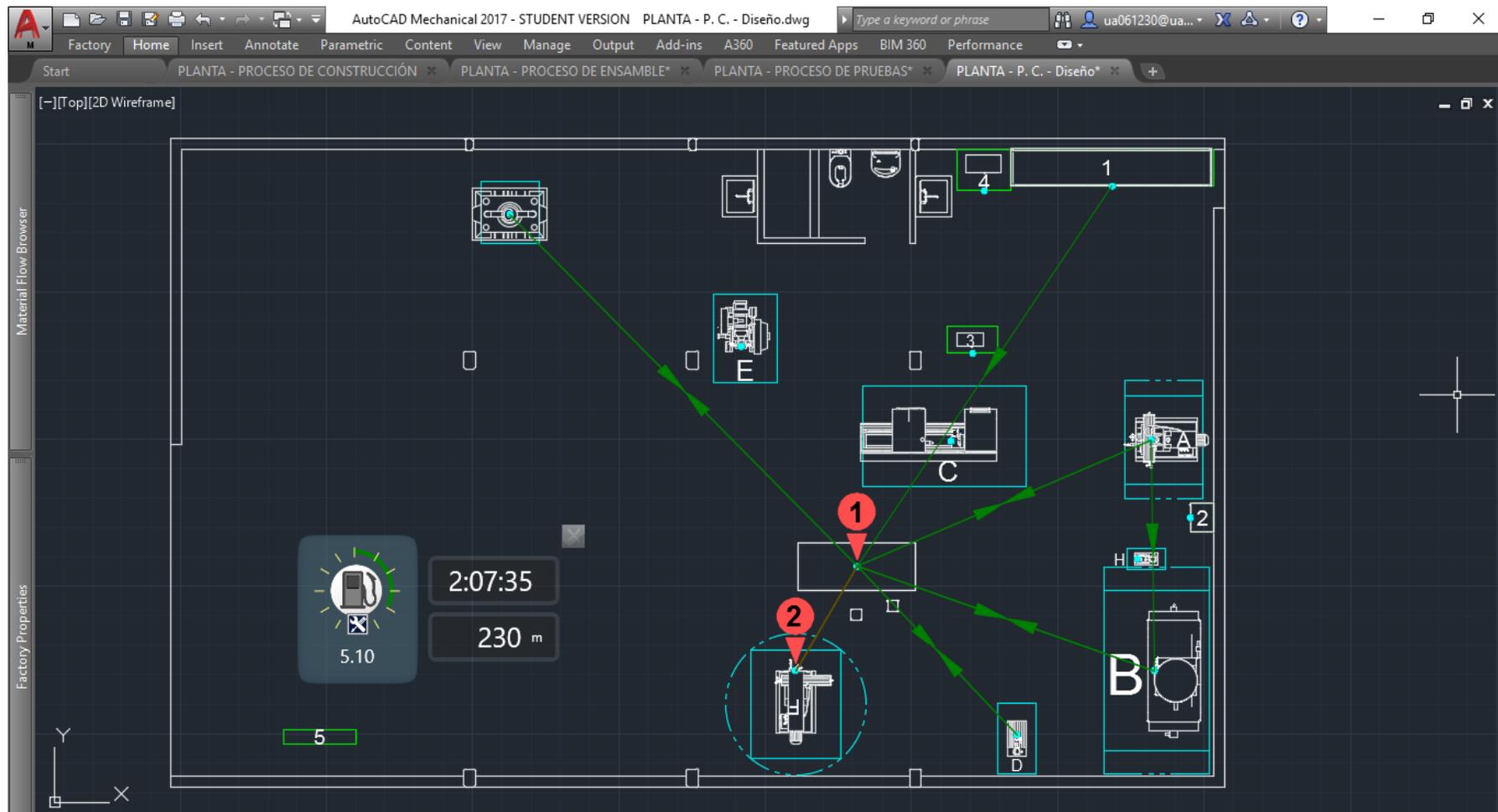


Figura 3.10 Simulación proceso de construcción con redistribución 1.

Como se habrá notado en la ilustración, la fresadora se ha ubicado cerca del resto de la maquinaria, y la estación de armado 2 está sobrepuesta en la estación de armado 1, debido a que dicha estación se vinculaba en la mayoría del proceso con la fresadora. Entonces, la distribución se encuentra ubicada como una celda de manufactura y para visualizar las mejoras obtenidas se tiene la siguiente tabla con los nuevos resultados para cada componente y la distancia reducida indicada en color rojo:

Tabla 3.6 Resultados de la simulación del proceso de construcción con la nueva ubicación.

Resultados simulación				
Parte	Distancia recorrida (m)	Tiempo de movimiento en min. (operador)	Costo de movimiento/min (operador)	Costo total (tiempo mov. x costo mov.)
Base	64 (19,4)	31,33	\$ 0,04	\$ 1,26
Tapa	64 (13)	31,33		\$ 1,26
Matri z	38,1 (37,5)	24,92		\$ 0,99
Punzó n	36,3 (24,4)	22,87		\$ 0,92
Pisa- planc ha	28 (25,6)	16,67		\$ 0,67
	<b>230,4 (119,9)</b>	<b>2,12 (0,05)</b>		
	<b>DISTANCIA TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

Con esta nueva distribución se ha reducido alrededor de un 37% los movimientos del proceso, sin embargo, existe otra posición para dicha celda de manufactura, en la ilustración 11 se podrá apreciar la distribución:

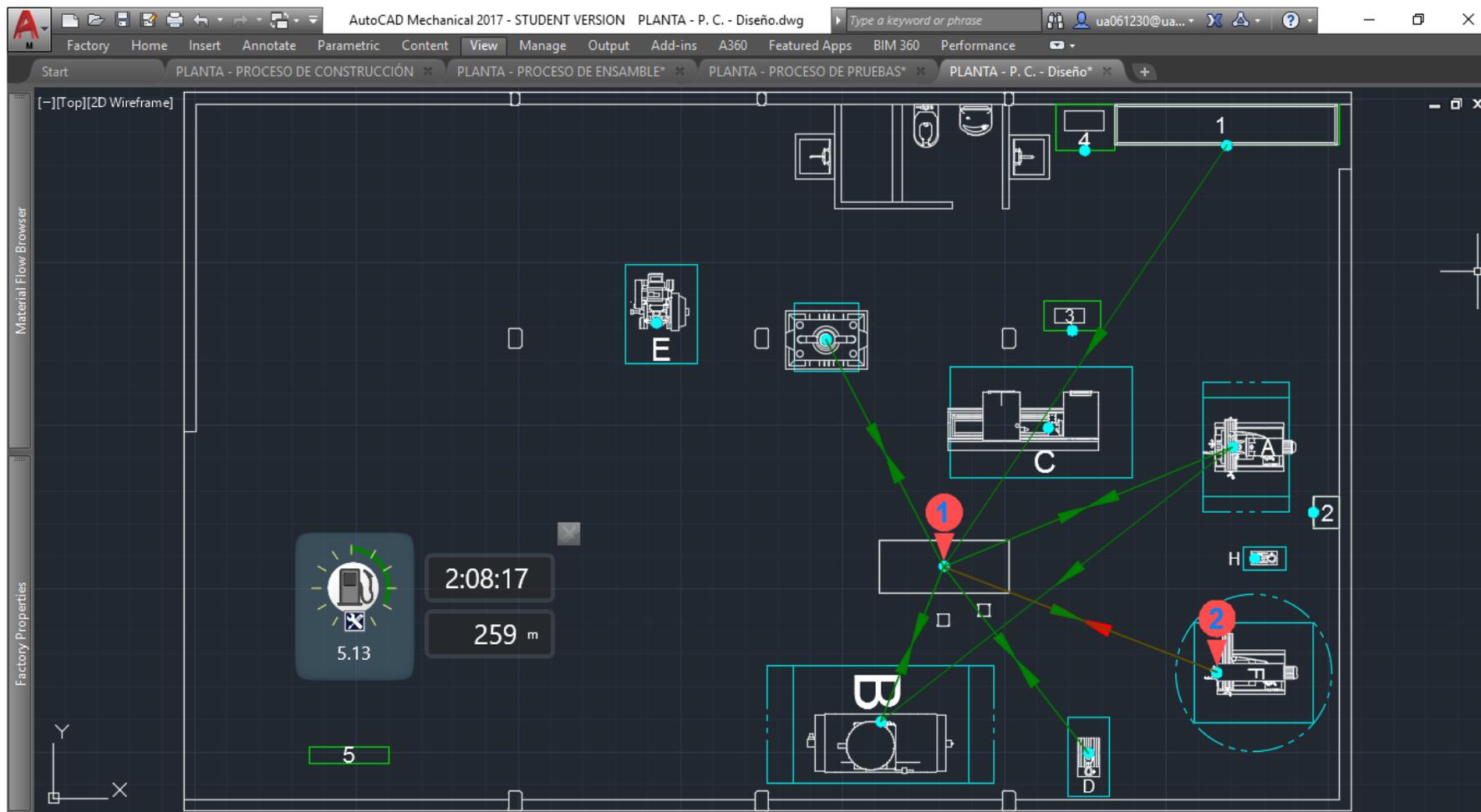


Figura 3.11 Simulación del proceso de construcción con redistribución 2.

La distribución combinada con centros de trabajo ha reducido el ahorro de distancia recorrida en 8%, pero la capacidad de control visual, de producción y de organización del ambiente laboral son factores que hacen más productiva dicha distribución.

### **3.3.3.2. Proceso de ensamble**

Para la distribución de la maquinaria del proceso de ensamble, se reubicará la prensa que usa los subensambles (H MecPrec) en la ubicación de la prensa excéntrica, ésta última se ubicará en la posición anterior de la fresadora quedando ubicadas en línea con la prensa H MecPrec, la razón de esto se explicará en la sección de rediseño del proceso de pruebas; las herramientas ubicadas en el almacén 6 de la fresadora se incorporarán a la estación de armado 1.

En la siguiente ilustración se tiene los cambios mencionados y los resultados obtenidos:

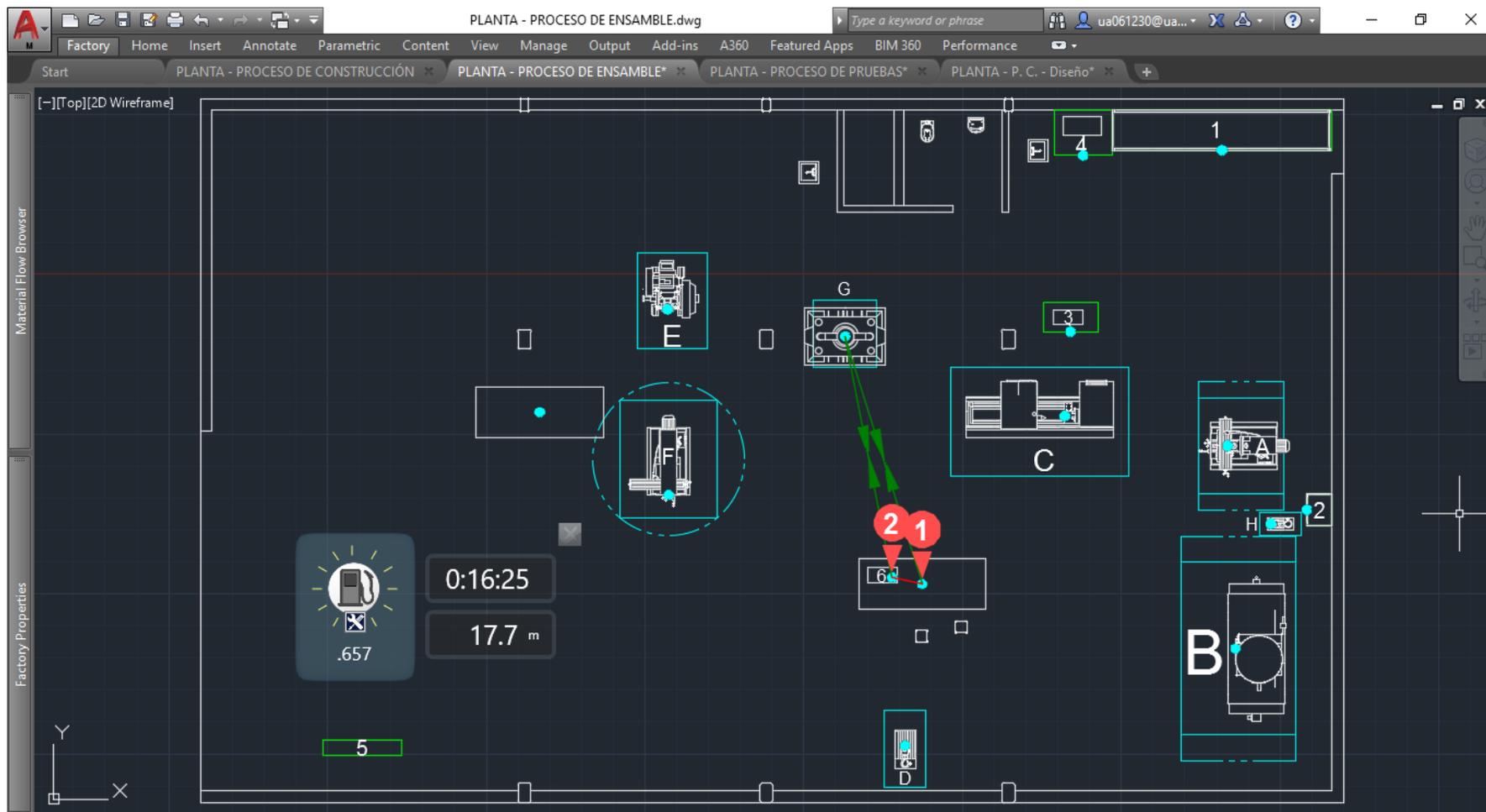


Figura 3.12 Simulación proceso de ensamble con redistribución.

Tabla 3.7 Resultados de la simulación del proceso de ensamble con redistribución.

Resultados simulación				
Parte	Distancia recorrida (m)	Tiempo de movimiento en min. (operador)	Costo de movimiento/min (operador)	Costo total (tiempo mov. x costo mov.)
Matriz mixta	17,7 (21,4)	16,41 (0,02)	\$ 0,04	\$ 0,66 (0,02)
	17,7	0,26		\$ 0,66
	<b>DISTANCIAS TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

Con los cambios realizados los movimientos se han reducido un 55%, y para este proceso en el cual se mueve el producto completo, la reducción de distancias influye directamente en el esfuerzo físico de los colaboradores; la incorporación de las herramientas dentro de la misma estación agilizará el ensamble.

### 3.3.3.3. Proceso de pruebas

La construcción de matricería requiere de maquinaria para probar su funcionamiento, es decir se requiere de prensas. Como se mencionó en el primer capítulo los productos realizados por Mecánica Precisa son entre otros la matricería para troquel, para embutición o mixtas, cada uno de estos tipos de productos requieren de distinta maquinaria para sus pruebas, en el presente estudio se enfoca en la matricería mixta la cual requiere de prensas hidráulicas (H MecPrec), pero como la empresa fabrica los tres tipos de productos la reubicación de la maquinaria del proceso de pruebas se hará para los tres tipos de productos, reubicando toda la maquinaria de prensado (prensa excéntrica e hidráulica), la ilustración y simulación a continuación:

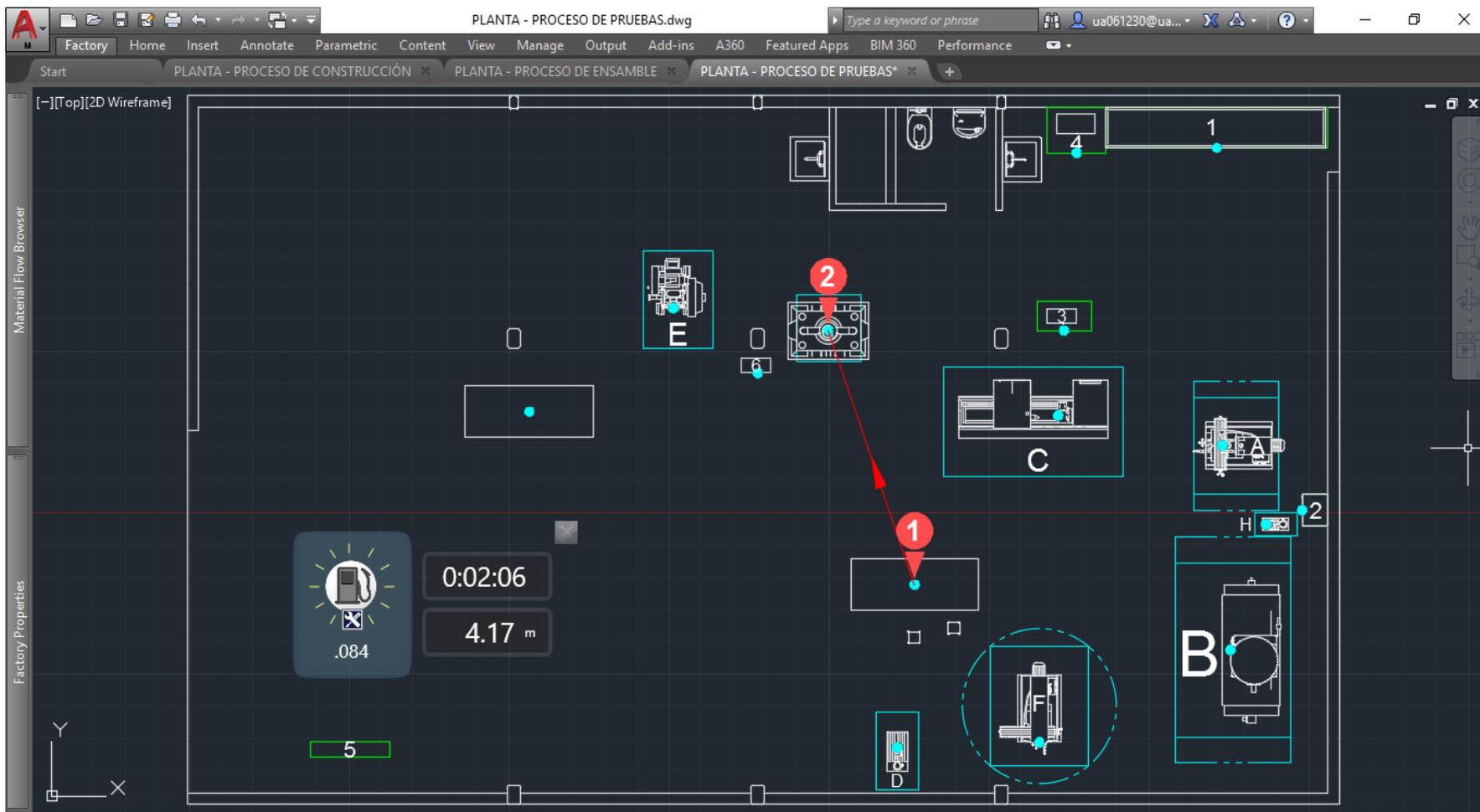


Figura 3.13 Simulación del proceso de pruebas con redistribución.

Tabla 3.8 Resultados de la simulación del proceso de pruebas con redistribución.

Resultados simulación				
Parte	Distancia recorrida (m)	Tiempo de movimiento en min. (operador)	Costo de movimiento/min (operador)	Costo total (tiempo mov. x costo mov.)
Matriz mixta	4,17 (4,65)	2,1 (0,19)	\$ 0,04	\$ 0,084 (0,004)
	<b>4,17</b>	<b>0,035</b>		<b>\$ 0,08</b>
	<b>DISTANCI A TOTAL ↑</b>	<b>TIEMPO TOTAL (h) ↑</b>		<b>COSTO TOTAL ↑</b>

La reducción de los movimientos en este proceso no es tan significativa para el proceso general, sin embargo, la reubicación de la maquinaria que interviene facilitará a la planta con sus futuras proyecciones, crear nuevas líneas de producción (nuevos productos). La ubicación en línea de la maquinaria de prensado permite a la planta incrementar su capacidad de crear únicamente matricería a poder producir y lanzar nuevos productos al mercado.

Finalmente, establecida la nueva distribución se requiere adecuar el entorno del proceso para permitir un flujo más productivo, el diseño de las estaciones de trabajo, el equipo de manejo de materiales, los almacenes y los sistemas visuales serán los factores que faciliten y mejoren la calidad y desempeño de los procesos en general.

### 3.4. La planta

El nuevo diseño se define al crear el Layout junto con las especificaciones para las estaciones de trabajo, el equipo de manejo de materiales y los espacios para los equipos complementarios.

#### 3.4.1. Especificaciones de diseño

Se detallará las características para el diseño de cada estación, del equipo necesario para el manejo de materiales, de la necesidad de almacenes y del control visual.

### 3.4.1.1. Estaciones de trabajo

Es un área en la cual se encontrará una o varias máquinas que cumplan un cierto tipo de procedimiento o actividad. En este estudio se han identificado y creado seis centros de trabajo:

- De torneado
- De fresado / taladrado
- De rectificado
- De prensado o línea de producción
- De suelda
- De armado.

Los centros torneado, fresado y rectificado se ubicarán dentro de la celda de manufactura rodeando la estación de armado, a continuación, las especificaciones para cada centro de trabajo:

- **Centro de torneado:** este centro cuenta con una máquina, un torno convencional, el cual tiene dimensiones de aproximadamente 2.80 m de largo x 1.70 m de ancho. El equipo cuenta con varias herramientas extra para el procesamiento de los componentes según el producto, estos actualmente se hayan ubicados entre todos los almacenes (como la mayoría de herramientas); el centro tiene un almacén para sus herramientas, pero carece de orden e identificación, se reasignó sus espacios para contener únicamente sus herramientas y equipos.

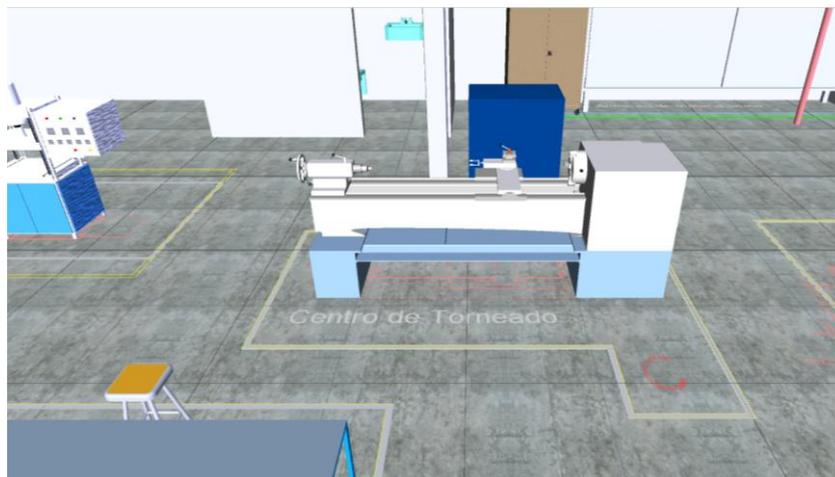


Figura 3.14 Centro de torneado.

- **Centro de fresado:** la fresadora, la cepilladora, el taladro grande y pequeño son la maquinaria de este centro, sus dimensiones son de 2.40 m x 2.70 m, 2.00 m x 1.33 m, 1.20 m x 0.65 m y 0.65 m x 0.35 m respectivamente. Las herramientas utilizadas son comunes para todas las máquinas a excepción de algunas que pueden ser usadas únicamente por la fresadora y cepilladora; existe un pequeño almacén (0.50 m x 0.60 m) en donde se encuentran algunas de estas herramientas, pero se ha adquirido un nuevo almacén (1.20 m x 0.25m) para contener todas las herramientas, estará ubicado dentro del centro de trabajo.

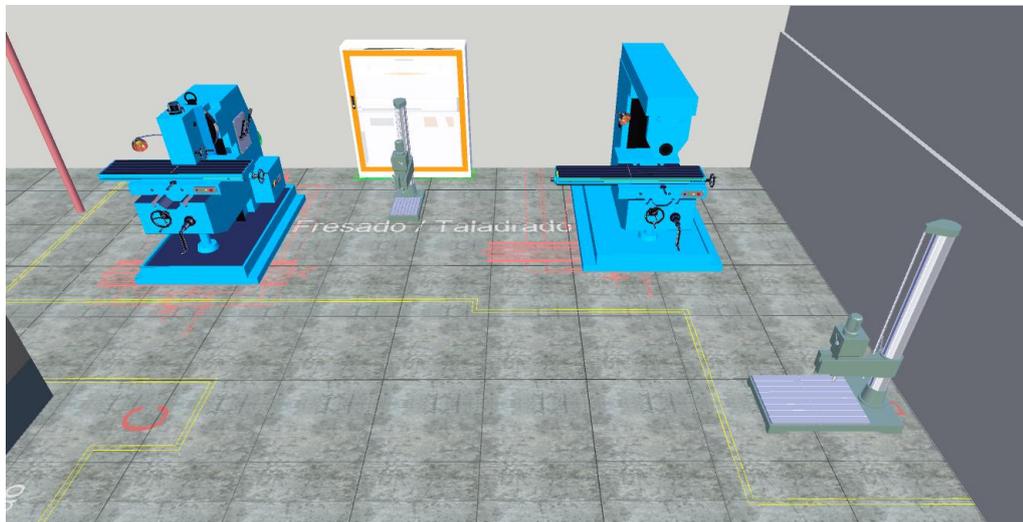


Figura 3.15 Centro de fresado.

- **Centro de rectificado:** este centro actualmente tiene dos máquinas, una rectificadora grande de aproximadamente 1.80 m x 2.50 m y una pequeña de 1.10 m x 1.90 m; las herramientas de este centro se hayan ubicadas en el almacén de equipos hidráulicos, neumáticos y eléctricos, por lo que el almacén que se ubicaba en el centro de fresado fue asignado para este centro. Cabe mencionar que la rectificadora pequeña no entrará en la celda de manufactura debido a que se encuentra deshabilitada.



Figura 3.16 Centro de rectificado.

- **Centro de pruebas o de producción:** llamado de producción por la maquinaria que lo compone, cinco prensas en total, una excéntrica, tres hidráulicas y una neumática, actualmente se utilizan únicamente tres en el proceso de pruebas. Esta maquinaria requiere del producto final para poder ser utilizada, es decir de matricería, pero puede ser utilizada para subcontratación o producción propia, de ahí su nombre.

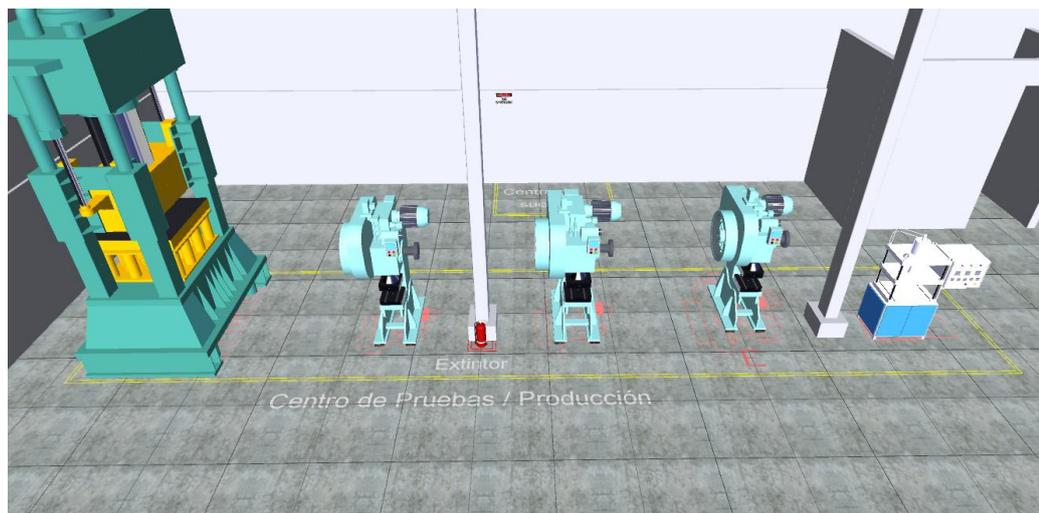


Figura 3.17 Centro de pruebas / producción.

Como se observa la maquinaria se halla ubicada en línea debido a la secuencia que suelen tomar las pruebas o producción en serie de ciertos productos; al tener esta

distribución la capacidad de la planta se incrementa, permitiendo a la empresa poder integrarse verticalmente hacia adelante y horizontalmente ampliando su cartera de productos.

- **Centro de suelda:** este centro cuenta con dos soldadoras eléctricas, una de punto y una autógena. Los componentes que requiere este centro se hayan adaptados a la maquinaria, por lo que sólo se les ubicará en el lugar adecuado.



Figura 3.18 Equipo de suelda.

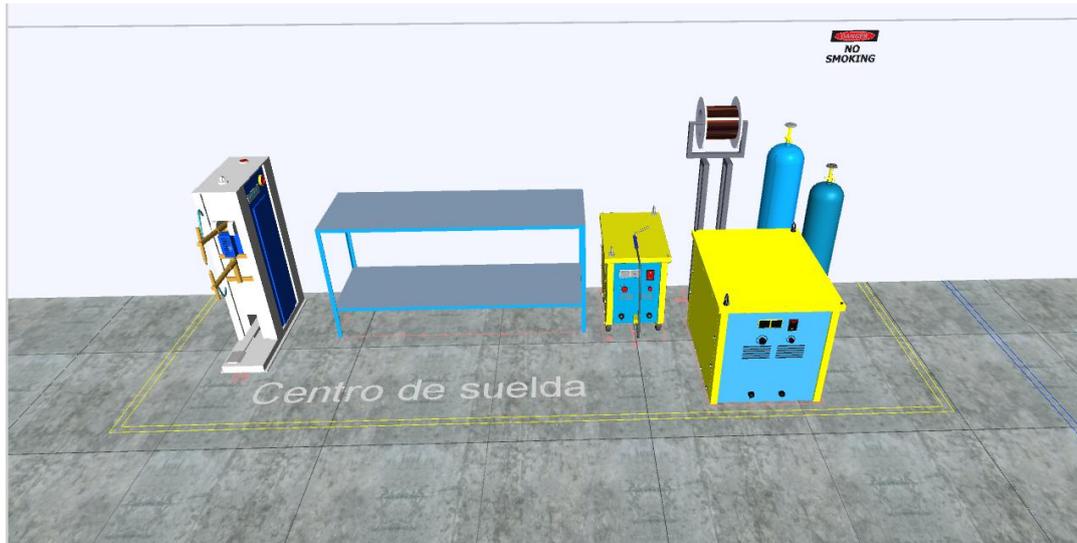


Figura 3.19 Centro de suelda.

- **La estación de armado:** esta estación consta de la mesa de armado, esta estación tiene mucha importancia debido a que el colaborador recurre la mayoría de tiempo ya sea para tomar herramientas, realizar un cálculo, dibujar sobre el material, pre-ensamblar o ensamblar.



Figura 3.20 Estación de armado.

Como se observó y se ha mencionado, esta estación es el centro de la celda de manufactura, en ésta se colocará todas las herramientas para dichas actividades, se creará espacios para contener los trabajos en proceso, herramientas, componentes de agregación directa, planos, etc.

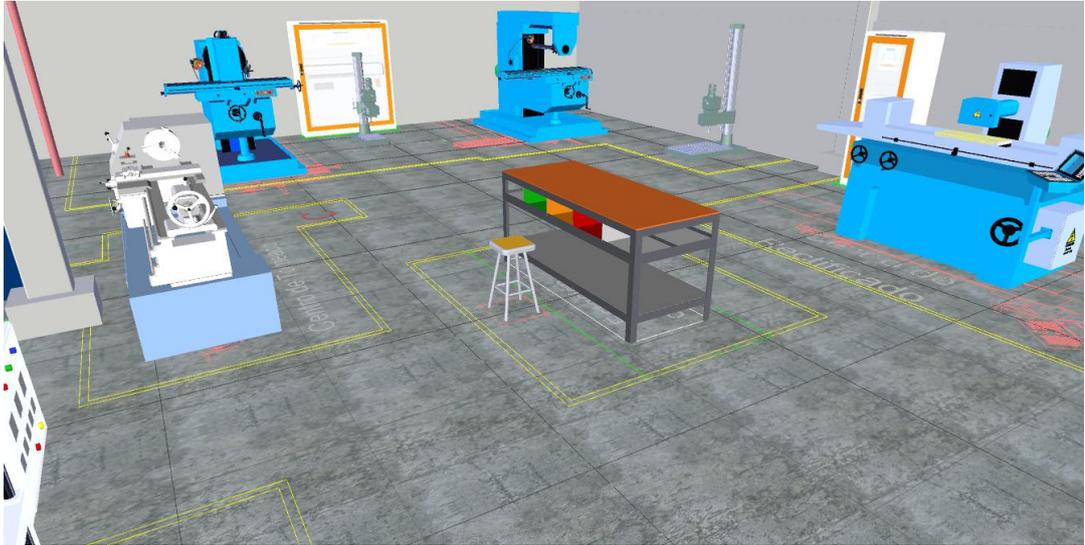


Figura 3.21 Estación de armado.

Como se observa en la ilustración, la sección coloreada como semáforo indica la prioridad que se debe dar a los trabajos que se encuentren en proceso, es decir, en ocasiones se da la orden de iniciar un nuevo producto o trabajo y comúnmente el trabajo queda en el lugar donde se manipuló; con estos casilleros se deberá ubicar el trabajo por orden de prioridad siendo el color rojo los trabajos con mayor urgencia y el verde los de menor. Los espacios laterales están destinados a contener las herramientas que se usan en el proceso como planos, registros de reproceso o trabajo en proceso.

#### **3.4.1.2. Recepción y manejo de materiales**

El manejo de materiales es indispensable para este proceso. En ocasiones la empresa tiene que fabricar productos con dimensiones superiores a lo que un colaborador puede manipular. Actualmente existe equipo para manejo de materiales, se dispone de un telede de 3 Ton., una pluma de 1.5 Ton., un carro grande (1 Ton.), uno pequeño (0.5 Ton.) y carro mediano (0.25 Ton.), todos ellos manuales.

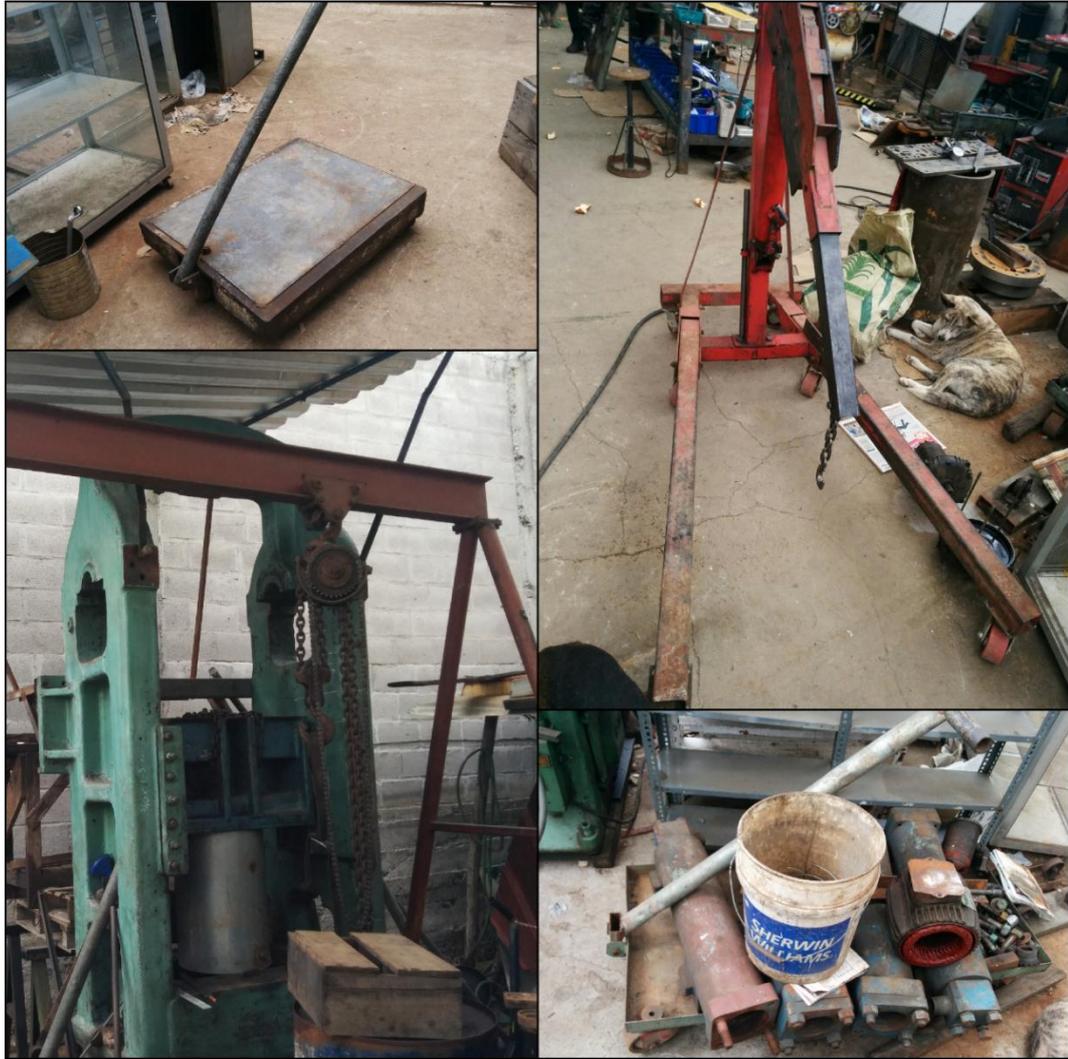


Figura 3.22 Equipo de manejo de materiales actual.

El manejo de los materiales y productos con el equipo actual generan pérdida de tiempo cuando se tiene productos de gran tamaño, en ocasiones todo el personal interviene en el movimiento de algún componente. En las siguientes ilustraciones se tiene un ejemplo del tamaño que pueden tener los productos:



Figura 3.23 Matriz para embutir tapa para tanques de gas estacionario.



Figura 3.24 Matriz para troquelar agujeros en balde de carretilla.

El manejo manual de este tipo de productos puede generar grandes pérdidas de tiempo además de perjudicar la salud física de los colaboradores; para ilustrar el requerimiento de personal en el manejo de materiales se tiene el indicador MHL (Materials Handling

Labor), el cual indica la proporción de personal operativo que se asigna para el manejo de materiales, se tiene un ejemplo del caso de la ilustración anterior:

$$\text{MHL} = \frac{\text{Personal asignado a actividades de manejo de materiales}}{\text{Total del personal operativo}}$$

$$\text{MHL} = \frac{2}{3} = 0.667$$

Sin necesidad del indicador, se sabe que se ha dispuesto a dos de tres personas para el manejo de un componente, siendo inaceptable, ya que se debe detener otras actividades y además se perjudica la salud física del colaborador al realizar posiciones inadecuadas para mover algún componente.

Estas aclaraciones, la observación y las necesidades expresadas por el propietario, facilitaron la decisión colocar un puente grúa en la planta. Para determinar las dimensiones y capacidad del equipo se indican los pesos de algunos productos que se han manipulado en la planta:

Tabla 3.9 Pesos tomados para ejemplo de algunos productos.

<b>Producto</b>	<b>Peso (Ton.)</b>
Matriz para embutir tapa para cilindros de gas estacionario.	2.5
Matriz para embutir fregadero.	3.5
Matriz para troquelar agujeros en carretilla.	2
Matriz para embutir carretilla.	2.5

Los componentes de estos productos se deben mover a través de la cepilladora y fresadora, para analizar un producto existente se requiere destapar la matriz y tapar para el caso de productos que van a ser despachados; éstas y otras funciones se realizarán además de transportar el material.

Para el cálculo de las dimensiones del componente principal del equipo, la viga, se utilizará las siguientes cargas:

- el peso del producto (4000Kg.)
- el peso de la viga (200 Kg. /m)
- el peso del tecle (1000 Kg.)
- soporte para el tecle (800 Kg.).

Estas cargas actuarán directamente en la viga principal del puente grúa. En la siguiente ilustración se tiene el diagrama de fuerzas aplicado sobre la viga:

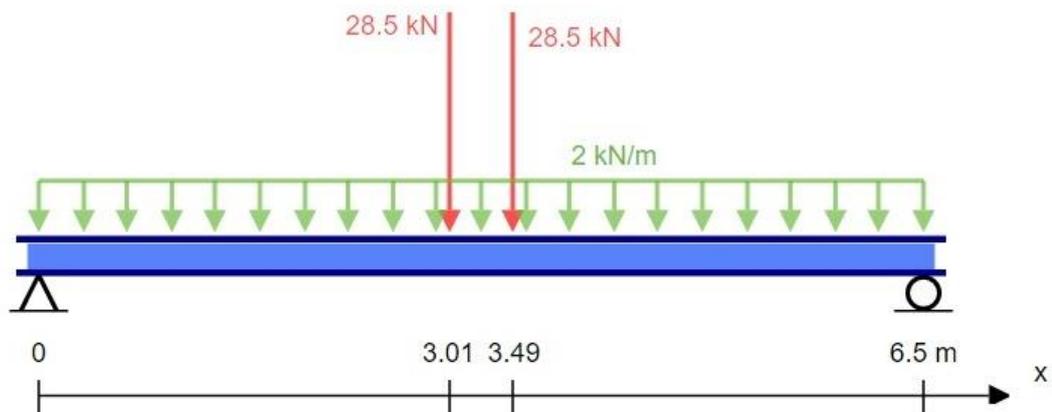


Figura 3.25 Diagrama de fuerzas aplicadas sobre la viga.

Como se indica, las cargas de color rojo representan los apoyos del cuerpo del tecle (las ruedas), soportan el peso del producto, del tecle y su soporte ( $5800 \text{ Kg.} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 57 \text{ KN}$ ), y en color verde el peso de la viga. Se ha propuesto usar una viga

estandarizada tipo Norma ANSI W 12 x 72, se demostrará que será la adecuada para el transporte de materiales.

Las características de esta viga son:

- Material: Acero ASTM A36
- Longitud: 6,5 m
- Masa: 200 Kg-m
- Área sección:  $13,613 \text{ E-}10 \text{ m}^2$
- I:  $0.00024849 \text{ m}^4$
- h: 312.42 mm

Con estos datos se puede realizar el cálculo del esfuerzo al que se someterá la viga, el esfuerzo máximo de fluencia para el acero ASTM A36 es de 220 MPa. A continuación, se demostrará que el esfuerzo que soportará el puente grúa es menor al límite permitido, siendo el cociente entre el límite de fluencia y el factor de seguridad establecido por norma para los puentes grúa y tecles.

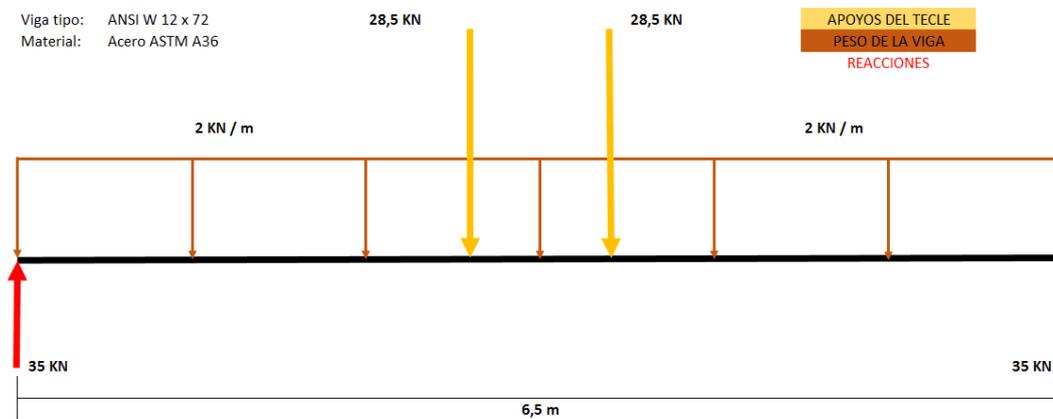


Figura 3.26 Diagrama de cuerpo libre - Viga.

Se determinará el mayor momento para demostrar que la viga soporta las tensiones aplicadas, y la deflexión por el método de la doble integral para asegurar que la viga no ceda y cambie su posición inicial. Para facilitar el cálculo se ha reemplazado la carga distribuida por una puntual en el centro de la viga (representa el peso de la viga).

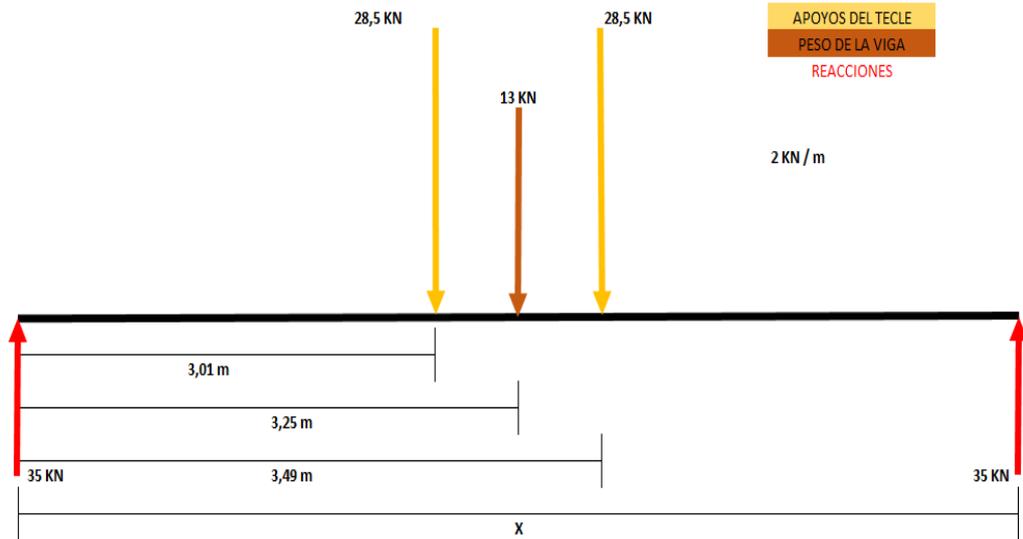


Figura 3.27 Diagrama de cuerpo libre con carga puntual.

El análisis parte al realizar los cortes para el análisis respectivo de cada tramo; se realizó 3 cortes, indicados a continuación:

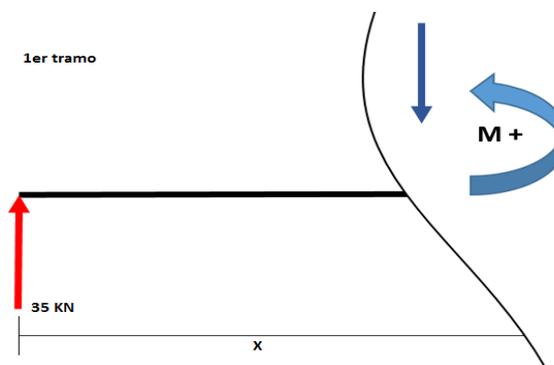


Figura 3.28 Corte primer tramo ( $0 \leq X \leq 3.01$ ).

De este gráfico se obtendrá lo siguiente:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \rightarrow \text{Ecuación diferencial del momento}$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = (-35KN * X) + M$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = (-35KN * X) + M$$

A esta ecuación se debe integrar una vez para obtener la ecuación de la pendiente:

$$EI \frac{dy}{dx} = (-17.5KN * X^2) + M * X + C1$$

Si se integra nuevamente se obtiene la ecuación de la deformación:

$$EIy = \left(-\frac{17.5}{3}KN * X^3\right) + \frac{M}{2} * X^2 + C1 * X + C2$$

Para hallar el valor de las constantes se utilizó las condiciones de apoyo:

- Para  $C1 \rightarrow$  si  $X = 0 \rightarrow$  la pendiente  $= dy/dx = 0$ , donde:  $C1 = 0$
- Para  $C2 \rightarrow$  si  $X = 0 \rightarrow$  la deformación  $= y = 0$ , donde:  $C2 = 0$

Ahora continuamos con el siguiente tramo:

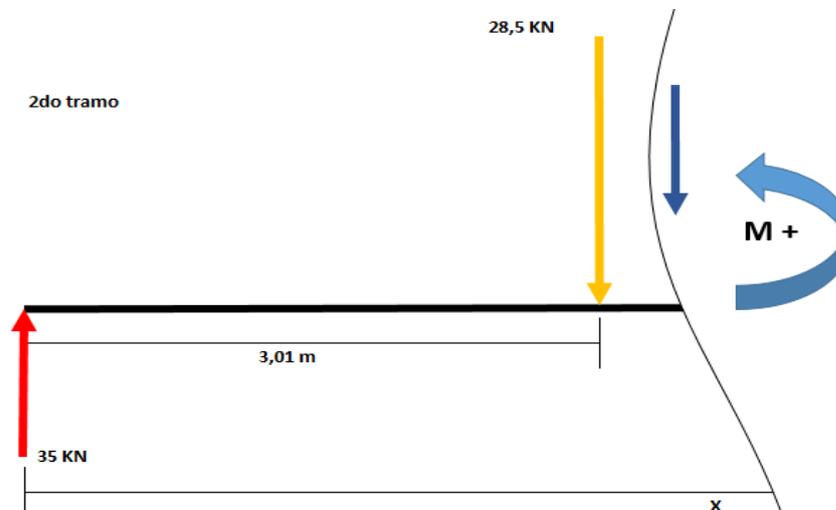


Figura 3.29 Corte segundo tramo ( $3.01 \leq X \leq 3.25$ ).

Ahora continuamos con el siguiente tramo el mismo procedimiento:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \rightarrow \text{Ecuación diferencial del momento}$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = (-35KN * X) + M + (28.5KN * (X - 3.01m))$$

Integramos para obtener la ecuación de la pendiente:

$$EI \frac{dy}{dx} = (-17.5KN * X^2) + M * X + ((28.5KN * (X - 3.01)) * X) + C3$$

Integramos para obtener la ecuación de la deformación:

$$EIy = \left(-\frac{17.5}{3}KN * X^3\right) + \frac{M}{2} * X^2 + \left(\frac{(28.5KN * (X - 3.01))}{2} * X^2\right) + C3 * X + C4$$

Se continua con el procedimiento, se aplica el principio de continuidad:

- c) Para C3 → si X = 3.01 → la pendiente en X = 3.01 del tramo 1 es igual a la del tramo 2, donde: C3 = 0
- d) Para C4 → si X = 3.01 → la deformación en X = 3.01 en del tramo 1 es igual a la del tramo 2, donde C4 = 0

Continuamos con el siguiente tramo:

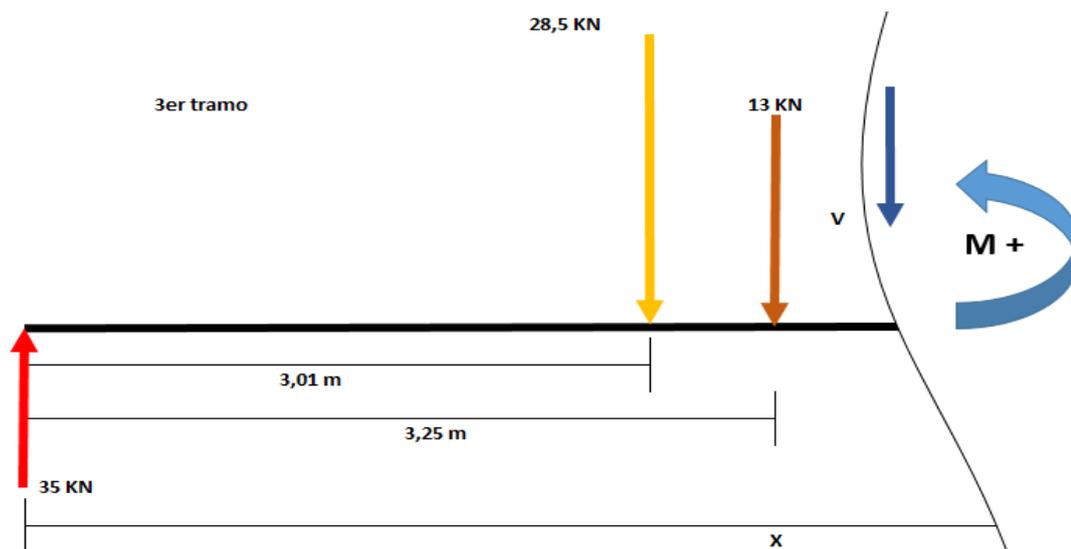


Figura 3.30 Corte tercer tramo ( $3.25 \leq X \leq 3.49$ ).

Realizamos el mismo procedimiento:

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \rightarrow \text{Ecuación diferencial del momento}$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = (-35KN * X) + M + (28.5KN * (X - 3.01m)) + (13KN * (X - 3.25))$$

Integramos para obtener la ecuación de la pendiente:

$$EI \frac{dy}{dx} = (-17.5KN * X^2) + M * X + \left( (28.5KN * (X - 3.01)) * X \right) \\ + \left( (13KN * (X - 3.25)) * X \right) + C5$$

Integramos para obtener la ecuación de la deformación:

$$EIy = \left( -\frac{17.5}{3}KN * X^3 \right) + \frac{M}{2} * X^2 + \left( \frac{(28.5KN * (X - 3.01))}{2} * X^2 \right) \\ + \frac{(13KN * (X - 3.25))}{2} * X^2 + C5 * X + C6$$

Se continua con el procedimiento, se aplica el principio de continuidad:

- e) Para C5  $\rightarrow$  si  $X = 3.25 \rightarrow$  la pendiente en  $X = 3.25$  del tramo 2 es igual a la del tramo 3, donde:  $C5 = 0$
- f) Para C6  $\rightarrow$  si  $X = 3.01 \rightarrow$  la deformación en  $X = 3.01$  en del tramo 2 es igual a la del tramo 3, donde  $C6 = 0$

Ahora bien, al ser  $X = 3.25$  el punto medio de la viga (punto de mayor vulnerabilidad al peso), se tiene que:

- g) Si  $X = 3.25 \rightarrow$  la pendiente en el tramo 3 = 0

Donde:

$$EI \frac{dy}{dx} = (-17.5KN * X^2) + M * X + \left( (28.5KN * (X - 3.01)) * X \right) \\ + \left( (13KN * (X - 3.25)) * X \right) \\ \rightarrow \text{Ecuación de la pendiente del tramo 3}$$

Con  $X = 3.25$  y  $dy/dx = 0$ :

$$EI * 0 = (-17.5KN * 3.25m * 3.25m) + M * 3.25m$$

$$+ \left( (28.5KN * (3.25m - 3.01m)) * 3.25m \right)$$

$$+ \left( (13KN * (3.25m - 3.25m)) * 3.25m \right)$$

$$0 = (-184843.75 Nm^2) + M * 3.25m + (22230Nm^2) + 0$$

$$0 = (-184843.75 Nm^2) + M * 3.25m + (22230Nm^2)$$

$$M = 50035 Nm$$

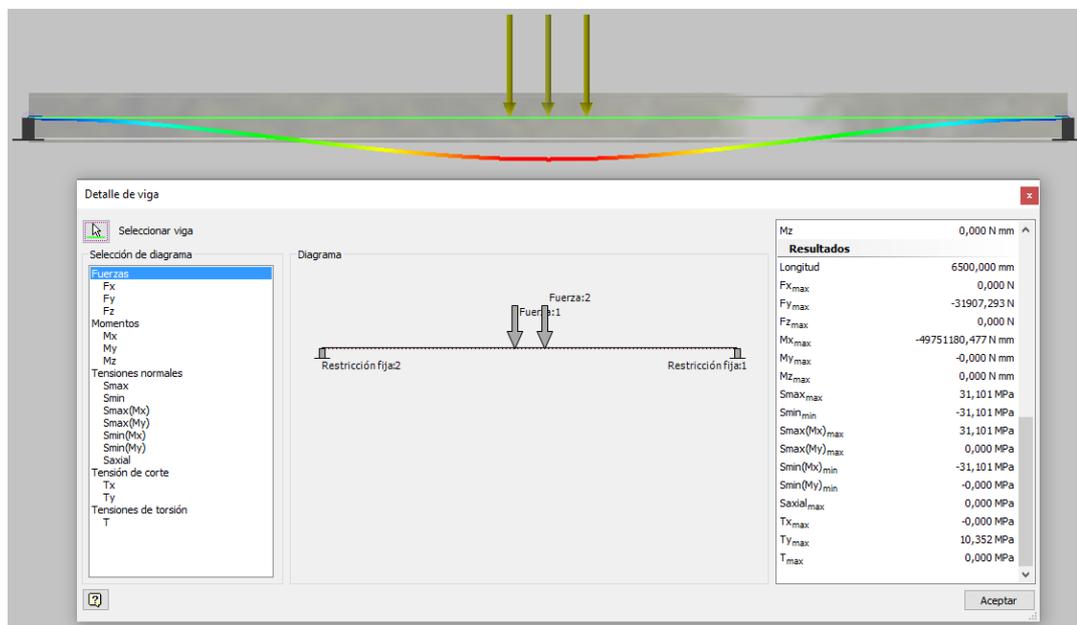


Figura 3.31 Momento obtenido mediante software.

Ahora bien, se ha obtenido el momento máximo, con esto se puede determinar el esfuerzo aplicado a la viga el cual deberá ser mejor al límite permitido del acero ASTM

A36 junto con su factor de seguridad, a continuación, se indica los factores que se requieren para el cálculo:

Límite permitido:

$$\sigma_{\text{permisible}} = \frac{\text{Límite de fluencia}}{\text{Factor de seguridad}} = \frac{220\text{MPa}}{3} = 73.33\text{MPa}$$

El factor de seguridad tomado para este cálculo fue basado en las normas indicadas por la AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) y la ASME (American Society of Mechanical Engineers), para el diseño de puentes grúa y selección de materiales para estructuras, indicando el valor del F.S. de 3 para puentes grúa con cables y ganchos de acero.

Esfuerzo aplicado a la viga:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

- c: 0.15621 m
- M: 50035 Nm
- I: 0.00024849 m<sup>4</sup>

Donde  $\sigma = 31,453850 \text{ MPa} \rightarrow < \sigma_{\text{permisible}} \rightarrow 73.33\text{MPa}$

Se ha demostrado que la viga soportará las tensiones aplicadas, ahora el último paso es determinar el desplazamiento que obtiene la viga ocasionado por la deflexión.

Como el punto de mayor vulnerabilidad es el centro, se utilizará  $X = 3,25\text{m}$  en la ecuación de la deformación del tercer tramo:

$$EIy = \left(-\frac{17.5}{3} \text{KN} * X^3\right) + \frac{M}{2} * X^2 + \left(\frac{(28.5\text{KN} * (X - 3.01))}{2} * X^2\right) + \frac{(13\text{KN} * (X - 3.25))}{2} * X^2 + C5 * X + C6$$

→ Ecuación de la deformación del tercer tramo

Donde:

Módulo de elasticidad del Acero ASTM A36  $\rightarrow E = 220 \text{ MPa}$

Inercia de la Viga ANSI W 12x72  $\rightarrow I = 0.00024849 \text{ m}^4$

Entonces:

$$\begin{aligned}
 & 220 \text{ MPa} * 0.00024849 \text{ m}^4 * y \\
 &= \left( -\frac{17.5}{3} \text{ KN} * 3.25 \text{ m} * 3.25 \text{ m} * 3.25 \text{ m} \right) \\
 &+ \left( \frac{50035 \text{ Nm}}{2} * 3.25 \text{ m} * 3.25 \text{ m} \right) \\
 &+ \left( \frac{(28.5 \text{ KN} * (3.25 \text{ m} - 3.01 \text{ m}))}{2} * 3.25 \text{ m} * 3.25 \text{ m} \right) \\
 & y = \frac{100123.6979 \text{ m}^3}{220000000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0.00024849 \text{ m}^4} \\
 & y = \frac{100123.6979 \text{ m}^3}{54668272.78 \text{ m}^2} = 0.0018314 \text{ m} \\
 & y = 1.83 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

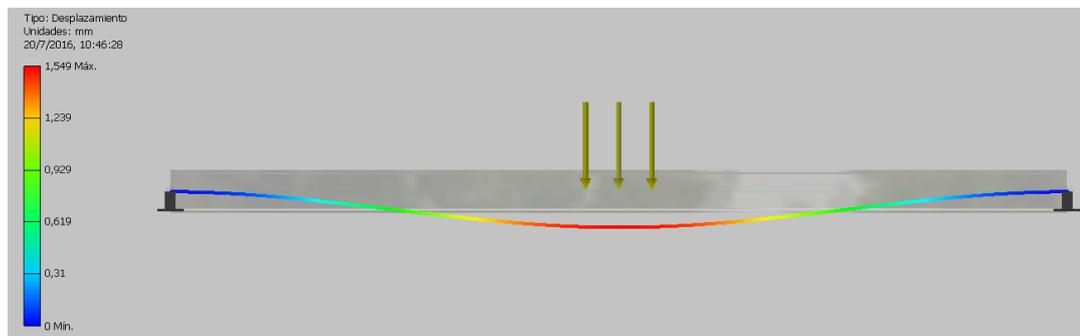


Figura 3.32 Ilustración de la deflexión simulada en computador.

Se ha demostrado que la viga soportará las cargas aplicadas mediante la utilización de herramientas y teorías de la resistencia de materiales; también se ha demostrado que la deflexión será mínima, siendo  $y = 1.83 \text{ mm}$  en una luz de  $6.5 \text{ m}$ , demostrado teóricamente y con software.

Con estos resultados se puede decir que la viga tipo ANSI W 12x72 es la adecuada para manipular los materiales y productos de la empresa con seguridad y facilidad.

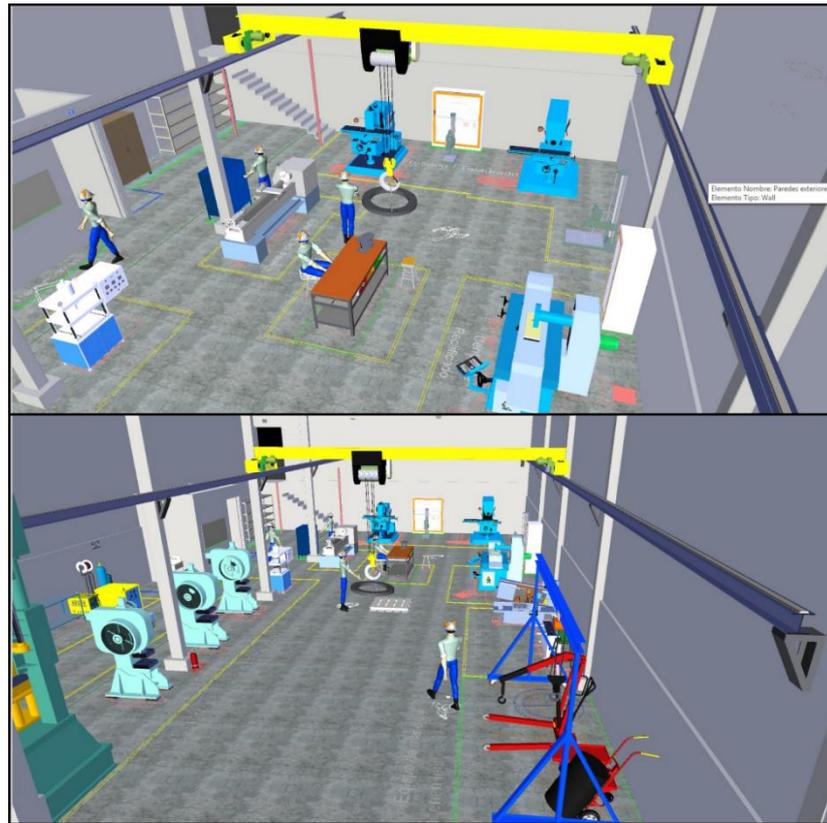


Figura 3.33 Punte grúa.

El puente grúa podrá mover el material desde la entrada hasta la estación de fresado, podrá llevar la matricería probada desde las prensas hacia la zona de despacho, agilizará el SMED en la producción, evitará generar daños de salud, etc.

### 3.4.1.3. Almacenes

Para que un centro de trabajo se encuentre disponible y funcional requerirá de un almacén que contenga todas sus herramientas y componentes como se mencionó anteriormente. A continuación, se indica las dimensiones de los almacenes reasignados y su respectivo centro de trabajo:

Tabla 3.10 Almacenes reasignados – Centros de trabajo.

Almacenes		
Número	Dimensión (m)	Destino
1	0.50 x 0.40	Rectificado
2	1.23 x 0.24	Fresado / Taladrado
3	0.86 x 0.46	Torneado

Para el resto de herramientas, materiales y equipos se tiene los siguientes almacenes, a los cuales se les rediseñará visualmente de tal manera que se indique el tipo de material o equipo, se utilizarán las herramientas de las 5 S y Kanban para una mejor identificación:

Tabla 3.11 Almacenes para materiales y componentes.

Almacenes		
Número	Dimensión (m)	Destino
4	3.47 x 0.63	Materiales y partes
5	0.91 x 0.71	Componentes neumáticos, hidráulicos y eléctricos.



Figura 3.34 Almacén de materiales y partes.

En el almacén indicado anteriormente se ubicará los materiales con dimensiones manipulables (acero y hierro en plancha o ejes), equipos con costo considerable (motores y bombas), productos de uso propio e inventarios (matricería y bastidores). Este almacén cuenta con un espacio designado para componentes de adquisición (resortes, piñones, válvulas, mangueras neumáticas/hidráulicas, O-rings, etc.), algunos equipos de medición (micrómetros) y muestras de productos manufacturados con productos desarrollados en MecPrec, una ilustración a continuación:



Figura 3.35 Sección para muestras, equipos de medición y componentes adquiridos.



Figura 3.36 Almacén de componentes hidráulicos, neumáticos y eléctricos.

El mantener el área de trabajo con almacenes designados, correctamente ubicados y señalizados incrementará la capacidad productiva, reduciendo las demoras por búsqueda y facilitando el control de equipos e inventarios de material.

#### 3.4.1.4. Sistemas visuales

Los sistemas de control visual son indispensables para el diseño o rediseño de una planta sea de servicios o manufactura. Mediante estas herramientas las mejoras obtenidas con la redistribución se respaldarán y facilitarán el desempeño del proceso, mejorarán la calidad visual de la planta y ambiente laboral y los inventarios se reducirán.

El uso de sistemas visuales se clasificará en tres secciones:

1. La planta
2. El proceso
3. Los almacenes.

Cada uno de estos tendrá diferente enfoque de aplicación.

1. **La planta:** la planta hace referencia al espacio físico donde se desarrollará el proceso, es decir, los espacios para los centros de trabajo, los almacenes, el equipo de manejo de materiales, los equipos de auxilio, salidas de emergencia y las áreas libres. Cada uno de estos se encuentra indicado en la siguiente ilustración:

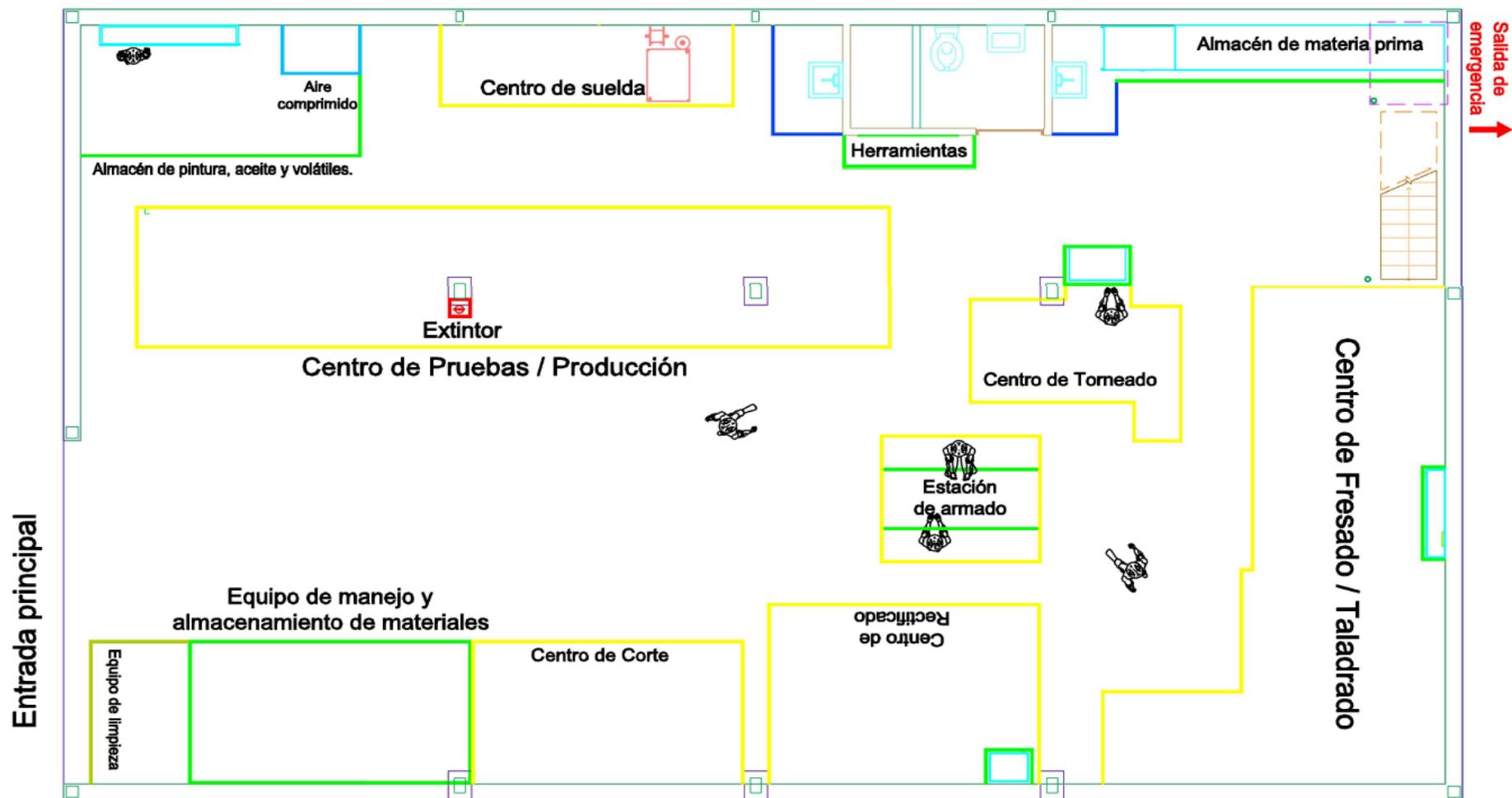


Figura 3.37 Distribución de centros de trabajo, almacenes, equipo de manejo de materiales, extintor y salidas de emergencia.

Como se puede observar en la ilustración, las regiones marcadas con amarillo son los centros de trabajo, las regiones con verde son los espacios para almacenamiento de materiales o herramientas; la sección verde cercana a la entrada principal es un espacio asignado para el equipo de manejo de materiales y para materiales con dimensiones superiores a las que puede recibir el almacén de materia prima; la sección azul son fuentes de agua y lavamanos y la celeste para aire comprimido. Como se ha observado, los almacenes se encuentran dentro de cada estación y las dimensiones de éstas, permiten al colaborador moverse sin dificultad al momento de operar la maquinaria o tomar herramientas.

El extintor se ha ubicado en una zona amplia y libre de obstáculos, el espacio sin señalar es el espacio que el personal tiene para movilizarse con libertad sin interrumpir las operaciones; la señalización de seguridad también se ha ubicado en algunos de los lugares y en la maquinaria.

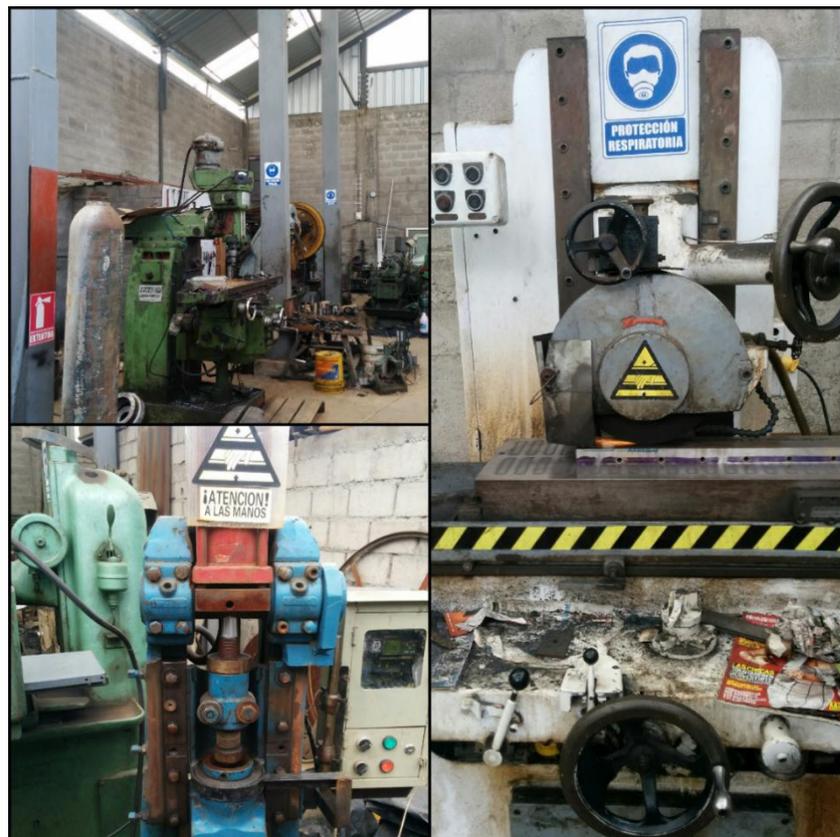


Figura 3.38 Señalización planta y equipos.

**2. El proceso:** se aplicarán algunas herramientas para el control de la producción, creadas en función de las necesidades y observación del proceso, por ejemplo, el colaborador está realizando un trabajo en el centro de Fresado/Taladrado, no completa la actividad debido a que se rompió un escariador, el cual no hay repuesto y se requiere de una orden de compra para adquirirlo y continuar, por lo que tomó otro trabajo. Lo mencionado, un trabajo de urgencia o simplemente el final de la jornada pueden generar este tipo de trabajos en proceso, estos esperan a ser procesados en la siguiente jornada o al solucionar el problema que causó la demora, pero no siempre se continúa, la falta de organización y otras herramientas ocasionan la desincronización generando aún más pérdidas de tiempo y arriesgando la entrega programada de dicho producto. Para esto, se ha creado una hoja que permita administrar las inquietudes indicadas anteriormente, esta se deberá encontrar en la estación de armado de manera que sea observada por todo el personal, a continuación, la ilustración:

TRABAJO EN PROCESO				Fecha/Hora: 11- 15: May 39	
Parte	Avance (%)	Descripción	Razón	Centro	Cód. Kanban
Matriz - Troquel redondo	70%	Se está mandrinando el agujero.	Se rompió el escariador 1/2" – No hay repuesto.	Fresado	02T1
Tapa - Molde espartallama	90%	Acabado final → lijado, pulido.	Fin de jornada.	Torneado	01T1

Lista de materiales - Roladora neumática	15%	Listado de materiales incompleto.	Falta O-ring para pistón.	Almacén de MP 1	04A2
--	-----	-----------------------------------	---------------------------	-----------------	------

Figura 3.39 Hoja de trabajo en proceso.

Administrar este tipo de problemas incrementará la capacidad para desarrollar mejores métodos para el proceso, ofertar tiempos de entrega más acertados, etc. El manejo correcto y oportuno de las causas de dichos trabajos, permitirá identificar más necesidades, como el manejo de inventario o el mantenimiento preventivo.

También se ha creado un registro para el reproceso, la necesidad de este se debe al costo que se produce al tener defectos.

REPROCESO					Fecha/ Hora:	14-May	10:30
Componente		Centro	Descripción	Razón	Materia l	Dimensión	
Parte	Tipo						
Punzón para porta válvula	Directo	Torneado	Repetir pieza	Medida pasada → N:35 mm → V: 34,80; Equipo de medición descalibrado	Acero trasmisi ón	Ø 1 1/2" x 40 cm	

Matriz cortar agujero cuadrado en Al	Directo	Tratamiento térmico	Repetir pieza	Pieza trizada → temperatura de revenido inadecuada → enfriamiento muy rápido	Acero K100	35 mm x 25 mm x 40 mm
Pisa-plancha	Extracción	Fresado	Completar desbaste	Medida faltante → N: 150 mm → 157 mm → mala medición	Hierro	

Figura 3.40 Hoja de reproceso.

Esta hoja deberá colocarse en la estación de armado, la administración de reprocesos facilitará la identificación de la mayor fuente de defectos, así se podrá dar soluciones oportunas e incrementar la calidad.

Los almacenes con la debida señalización y en el lugar adecuado facilitarán las actividades y mantendrán las herramientas en un solo lugar, no habrá necesidad de alejarse de la estación; se creó un tablero para colocar las herramientas y mantenerlas a la vista, se lo ubicó en la pared exterior del baño que está de frente con el área de producción.



Figura 3.42 Tablero de herramientas.

Se puede observar el tablero desde cualquier posición, el personal notará inmediatamente si alguna herramienta no se encuentra en su lugar.

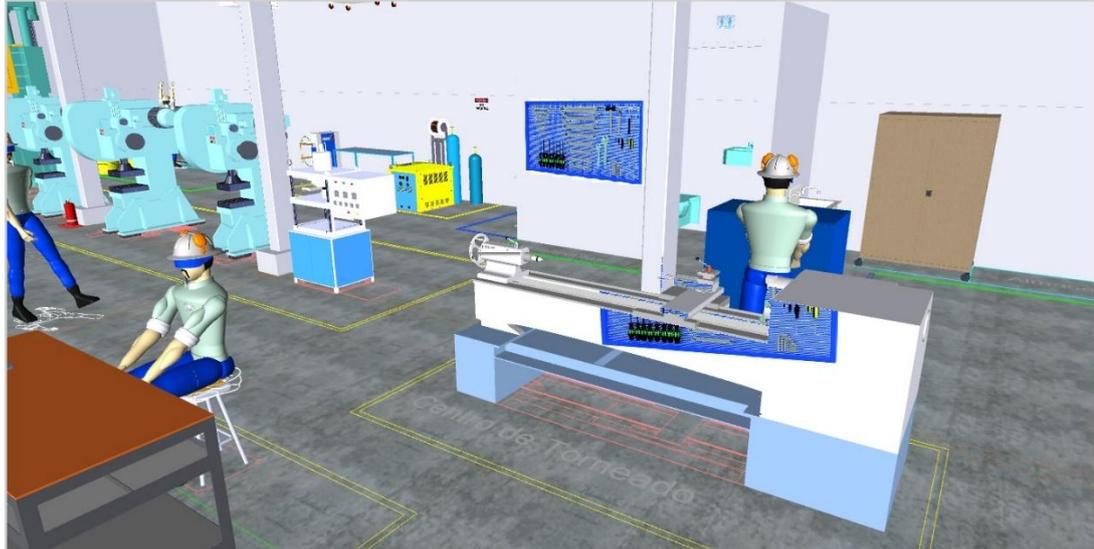


Figura 3.42 Tablero de herramientas.

La identificación de una herramienta se logrará en el transcurso de ir a traerla, esto agilizará el flujo del proceso y mantendrá alerta al colaborador en caso de que una herramienta falte.



Figura 3.43 Tablero de herramientas.

**3. Los almacenes:** para manejar adecuadamente los almacenes se deberá identificar todos los elementos que contendrá, clasificarlos y codificarlos, esto facilitará el manejo de inventario de materiales, herramientas y equipos, además, al listar todos los elementos se podrá elaborar un adhesivo con su nombre, de esa manera se observará la clase a la que pertenece algún material o equipo a simple vista.

Los tipos de acero, los ejes, partes de matricería y la maquinaria, son algunos ejemplos de los elementos que se codificarán. Se ha creado un almacén extra para los tanques que almacenan aceite, pintura, combustibles o disolventes, este se haya ubicado junto al tanque de aire comprimido.



Figura 3.44 Tanques de aceite y combustibles.

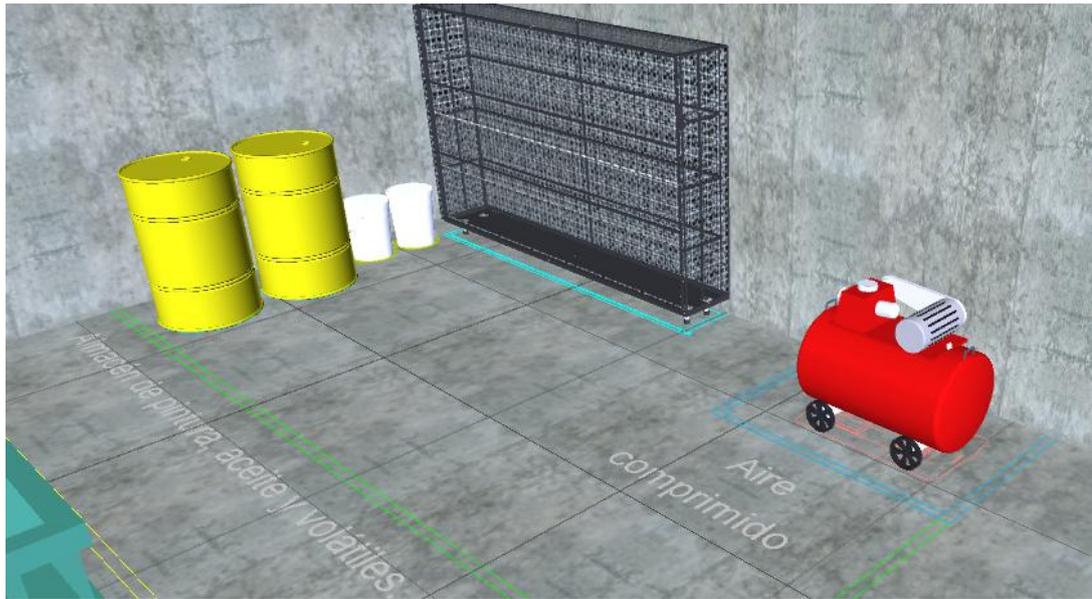


Figura 3.45 Almacén de pinturas, aceites y combustibles.



Figura 3.46 Área destinada al almacenamiento de pintura, combustibles y aceites.

También se ha creado una sección extra para ubicar los equipos de apoyo del proceso, como la sierra, el esmeril, la cizalla y la entenalla.



Figura 3.47 Equipos de procesamiento extra.

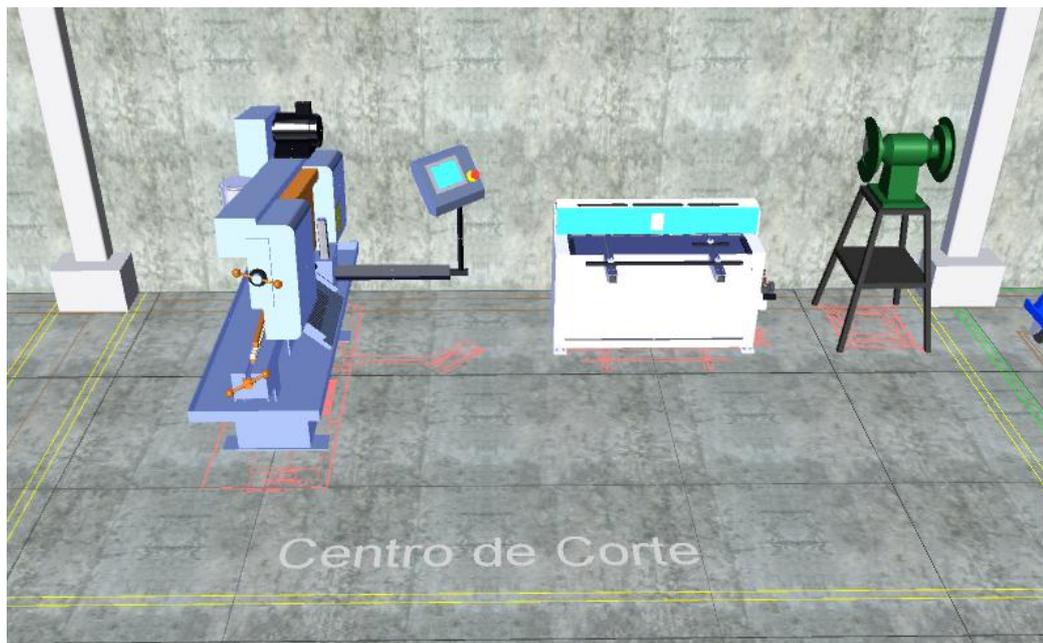


Figura 3.48 Centro de corte.

La señalización adecuada de la planta dependerá de una buena implementación del plan de las 5 S's. El plan de implementación de dicha metodología se encuentra anexo al final de este documento.

### **3.4.2. Diagrama de distribución interna o Layout**

El objetivo de la redistribución es incrementar la capacidad de la planta, facilitar las operaciones, acelerar el flujo de producción, etc. La correcta implementación y la rápida adaptación de la empresa al nuevo entorno permitirá alcanzar los objetivos de mediano plazo planteados para este período. Se presenta a continuación, un estimado de los detalles que obtendrá la planta con la redistribución, en diagramas 2D y 3D.

#### **3.4.2.1. Diagrama 2D y 3D**

La representación en dos dimensiones permitirá observar la asignación de áreas para las estaciones creadas, el espacio que se ha ocupado, los límites, el espacio para libre movimiento, etc.

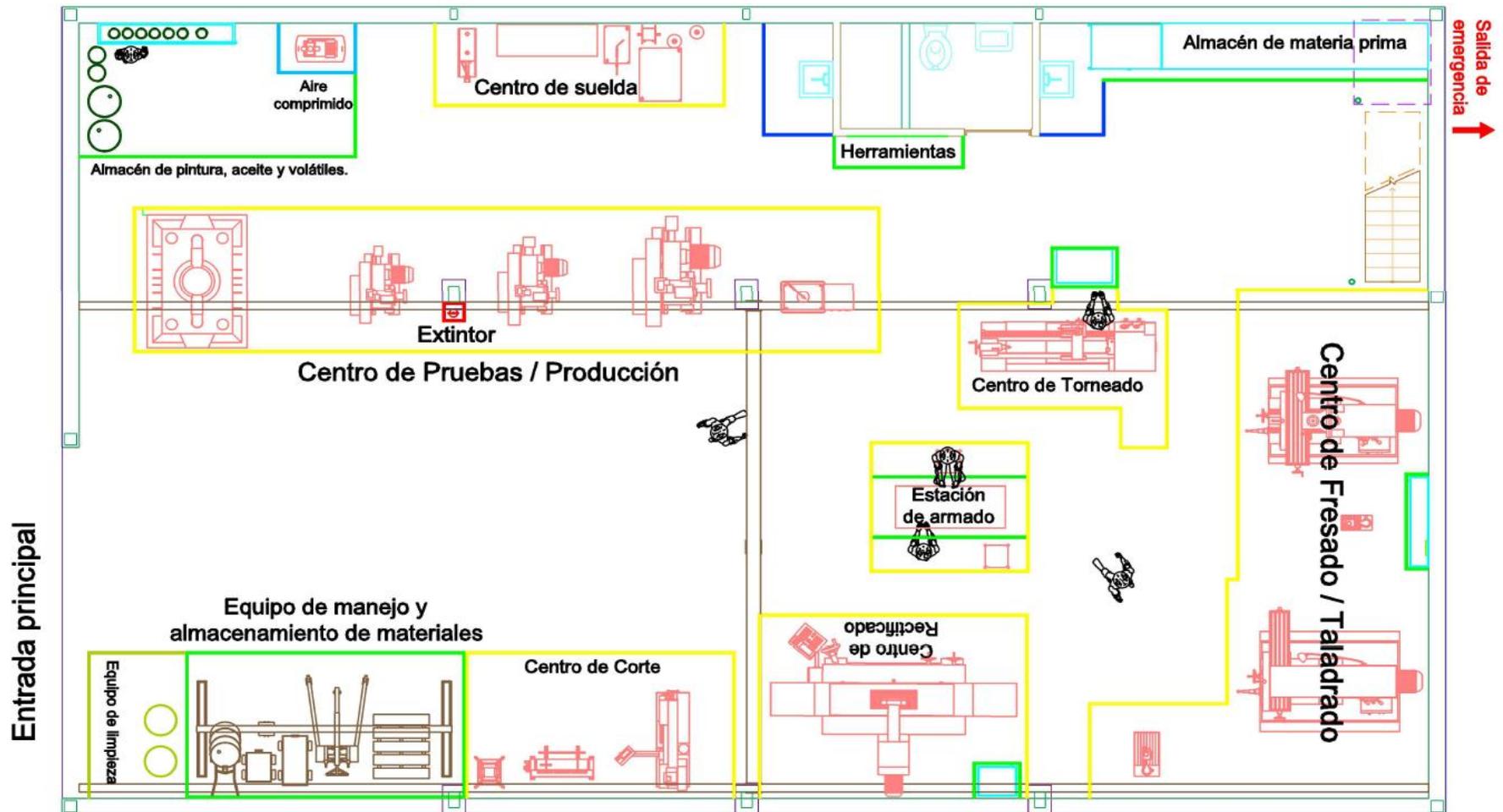


Figura 3.49 Diagrama 2D de la instalación.

Se observa claramente la disposición de la celda conformada por los centros de torneado, de fresado/taladrado, de rectificado y de armado; los componentes se moverán alrededor del punto de concurrencia común, la estación de armado, la cual está diseñada para mantener un flujo aligerado y un proceso ordenado que, a su vez habilite la planta para una mayor producción.

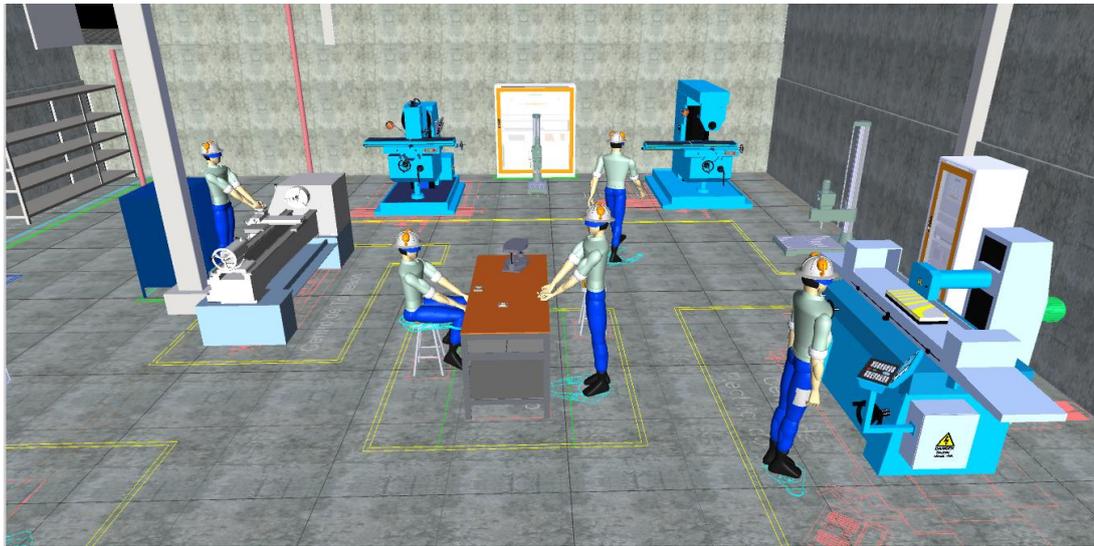


Figura 3.50 Celda de manufactura.

Como se indica en la ilustración 3D, el operador podrá movilizarse dentro de la celda sin dificultad, podrá realizar sus operaciones sin necesidad de recurrir a un almacén externo para adquirir equipo o herramientas, en el caso de integrar nuevos colaboradores la capacidad de adquirir destrezas poli-funcionales se incrementará, la retroalimentación y flujo de comunicación se verán agilizados; también se podrá determinar los primeros productos a estandarizar, de esa manera la documentación y elaboración de formatos para dar control al proceso se facilitarán, permitiendo implementar la gestión de mejora continua y control de la calidad.

El centro de pruebas, ubicado en la posición siguiente a la celda de manufactura, ha activado su capacidad al reubicarse en forma de línea. El producto se desarrollará dentro de la celda, una vez finalizado, se dirigirá hacia el centro de pruebas donde será probado en la maquinaria que se ajuste, si el producto no presenta defectos se entrega al cliente por la zona de despacho (ubicada en la entrada principal), caso contrario retornará a la celda para las debidas reparaciones.

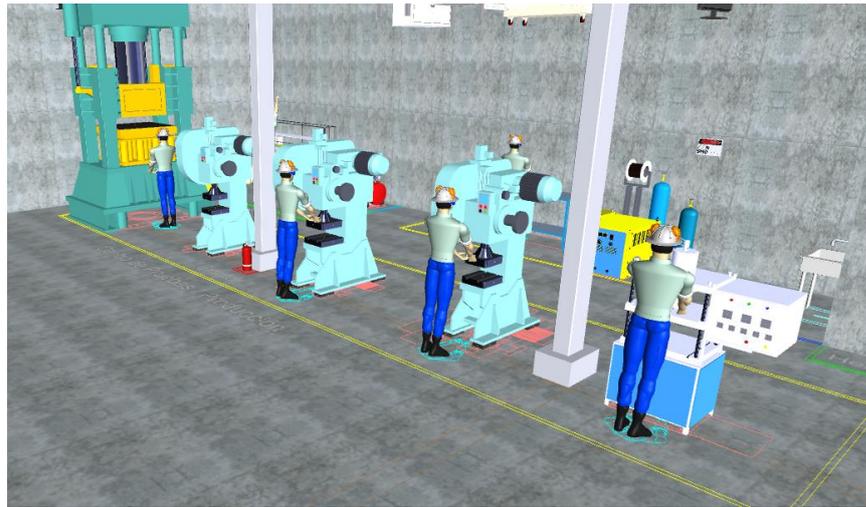


Figura 3.51 Línea de producción o centro de pruebas.

Esta disposición permitirá a la maquinaria de pruebas incrementar su capacidad de sólo realizar pruebas de matricería a producir para subcontratación o para producción propia (desarrollando nuevos productos).



Figura 3.52 Zona de despacho.

Los almacenes de cada centro permitirán controlar el orden y limpieza, los materiales y partes se encontrarán clasificados y señalizados en su respectivo almacén.

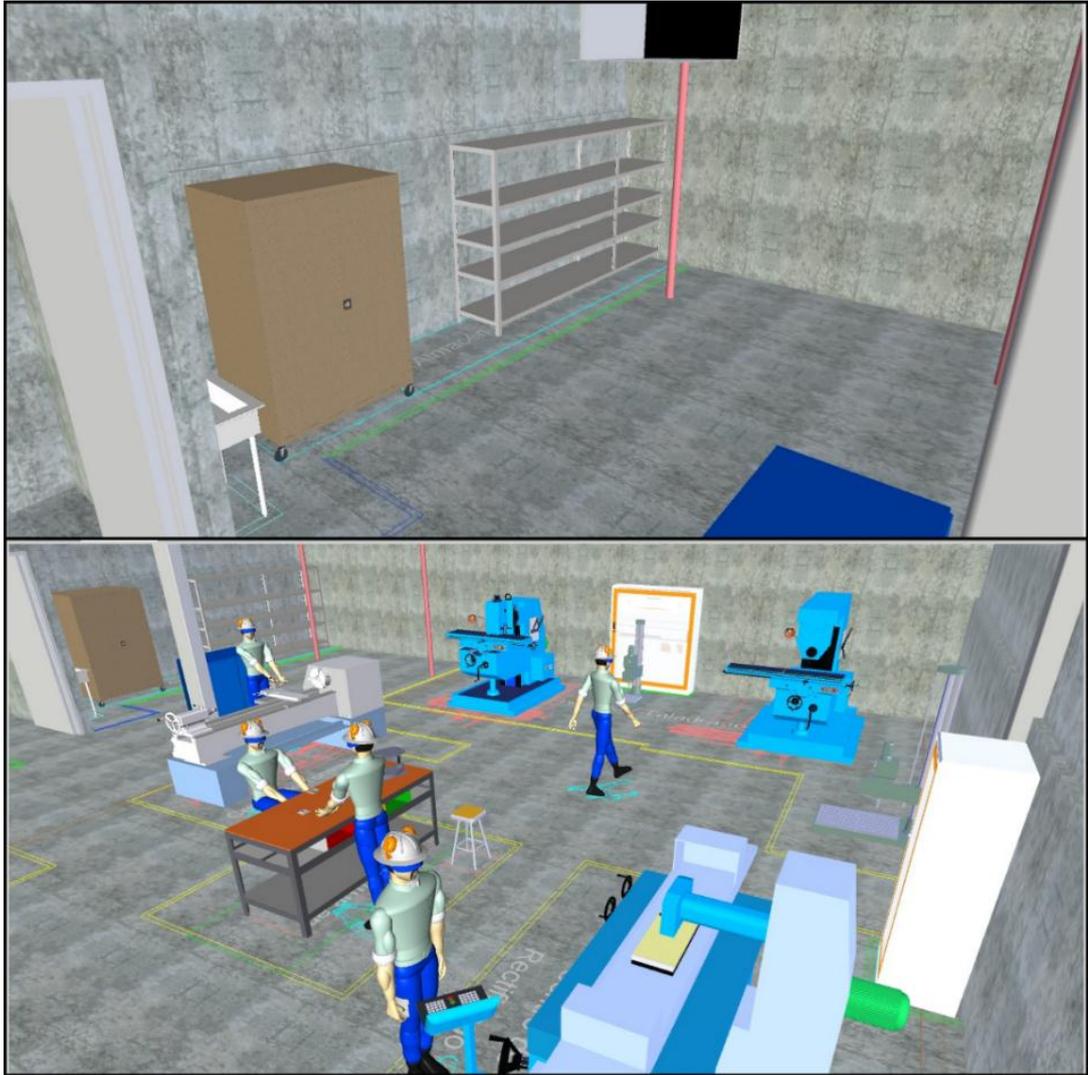


Figura 3.53 Almacenes de materia prima y herramientas.

Los materiales y productos de manipulación riesgosa se encontrarán en la zona de equipo de manejo de materiales, así el movimiento desde la zona de almacenamiento ubicada en el mismo lugar, será fácil y rápido con el nuevo equipo de transporte de material.

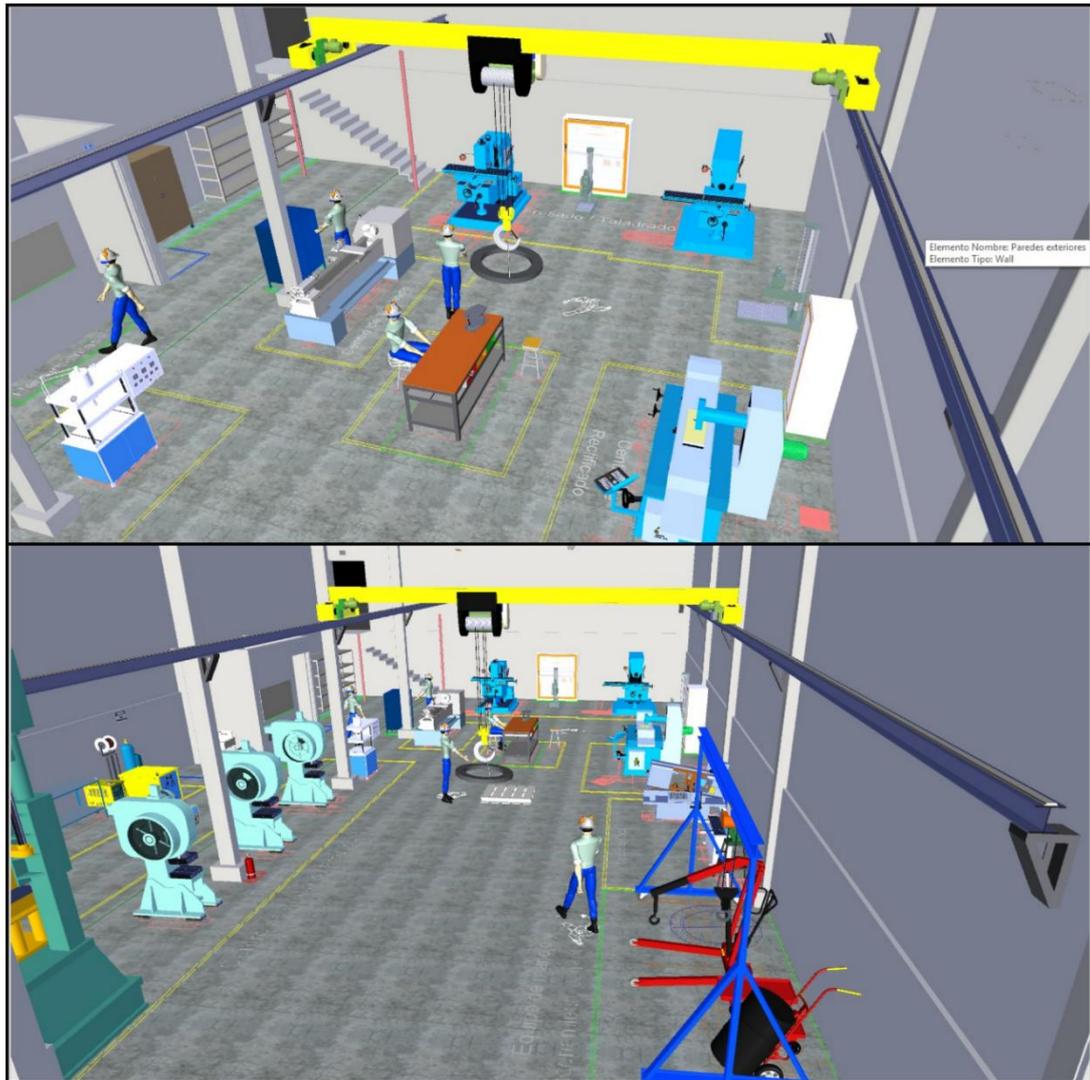


Figura 3.54 Equipo de manejo de materiales visto desde la entrada.

El puente grúa acelerará notablemente los procesos de productos de gran tamaño, facilitará el embarque y desembarque de productos, materiales o equipo.

Respecto a los procesos administrativos, se ha creado un boceto 2D y 3D del espacio que se tiene destinado para oficinas, una ilustración se indica a continuación:

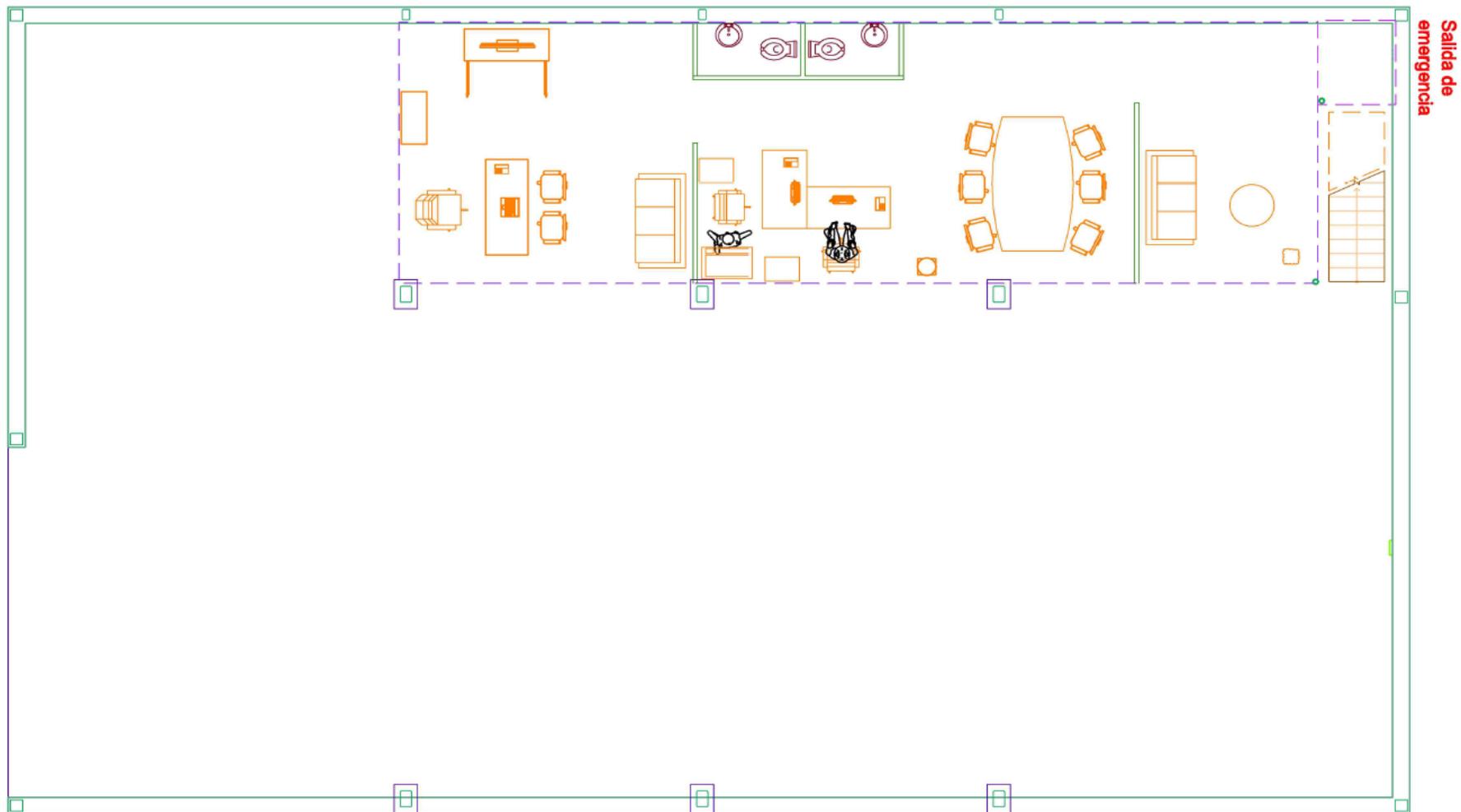


Figura 3.55 Diagrama 2D del espacio administrativo.

Este espacio se encontrará ubicado sobre el área asignada para el almacén uno, el baño y el centro de suelda. Este espacio se halla distribuido en tres secciones, la primera para recepción y espera de clientes u operadores, la segunda diseñada para tener una sala de sesiones, dos cubículos y los baños, aquí se encontrará el personal encargado de gestionar los temas financieros, talento humano, la producción, compras, etc. Y la tercera sección destinada a la gerencia, los temas estratégicos, contratos, nuevos proyectos, etc. se tratarán en esta oficina.



Figura 3.56 Oficinas.

Definido el nuevo modelo de la planta, se puede modificar las instalaciones e implantar las herramientas para la gestión adecuada; la empresa encontrará nuevas necesidades y formulará nuevos formatos para la gestión de sus indicadores, podrá integrar los sistemas de gestión como el de la Calidad o Ambiental, su capacidad para generar nuevos productos se incrementará y podrá enfrentar exigencias de productividad elevada, preparándose para competir en el mercado nacional.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Con la aplicación de las herramientas para el diseño de instalaciones de manufactura se ha logrado incrementar la productividad de Mecánica Precisa reacondicionando casi totalmente la planta, el reposicionamiento del 83% del equipo fue el cambio más grande e importante del estudio; se obtuvo una reducción de movimientos mediante la creación de una célula de manufactura, aunque no fue la más óptima, ya que la primera distribución ofreció un 8% más de ahorro, pero el orden, la facilidad de control visual, de inventarios de producción, la administración y otros factores más, fueron las características esenciales para la selección de esta distribución.
- Mediante el estudio general de la planta, el análisis del proceso y gracias al apoyo de la empresa se modificó el Layout de las instalaciones; en el proceso de estudio se identificó varios aspectos en descuido, por ejemplo, la gestión de la calidad de la empresa se encuentra en un estado de indocumentación y falta de control general, no existe un modelo de manejo de inventario, no se controla la producción, etc.
- El manejo funcional de una empresa descuida la administración de las operaciones, y en este caso afectó a la tasa de desperdicio por movimientos, la organización interna, los procedimientos, entre otros; Mecánica Precisa enfocaba la planta al proceso de construcción de matricería, elaborando partes y ensamblando productos de alta calidad, sin embargo, su descuido generó los inventarios existentes, el desorden ocasionado por la falta de asignación de espacios, el flujo inadecuado de materiales y componentes, etc. Con el desarrollo del proyecto, la nueva distribución refleja claramente los cambios realizados y la nueva manera de llevar las operaciones.
- La celda de manufactura podrá realizar sus actividades sin interrumpir a los demás centros de trabajo, la línea para producción y pruebas podrá realizar otros procesos como la producción en serie propia o por subcontratación.

- Los procesos de apoyo mantendrán el control de la planta mediante el uso de tarjetas Kanban (anexo 3, al final del documento), sincronizando las actividades de la celda y la línea de producción. La administración brindará un mejor apoyo ahora que su departamento se incorporará a la planta, sus habilidades incrementarán y podrá ser responsable de algunas funciones extra no integradas en este proyecto, pero que a mediano plazo serán indispensables para la correcta gestión de la empresa.
- Al desarrollar el Layout de la planta se pudo observar una mejor metodología de gestión para la empresa, partiendo por estandarizar los componentes factibles y poder iniciar la documentación general de los procesos de la empresa. Los sistemas integrados de gestión como el de la calidad o el de medio ambiente podrán aplicar sus herramientas para mantener a la empresa competitiva.
- Finalmente, la nueva metodología de producción Mecánica Precisa agilizará notablemente sus procesos, logrará un ambiente laboral motivante, incrementará la capacidad de respuesta, podrá desarrollar nuevos productos y estará preparada para enfrentar con mayor eficiencia las exigentes demandas de los mercados actuales y los de sustitución por atender; sin embargo, el manejo inadecuado o la inadaptación llevarán a la planta al estado inicial. El cambio de visión de toda la organización permitirá a la planta mantener y mejorar su productividad.

Una visión general del estado inicial y final de la planta se indica los Mapas de Valor (VSM) de Mecánica Precisa a continuación:

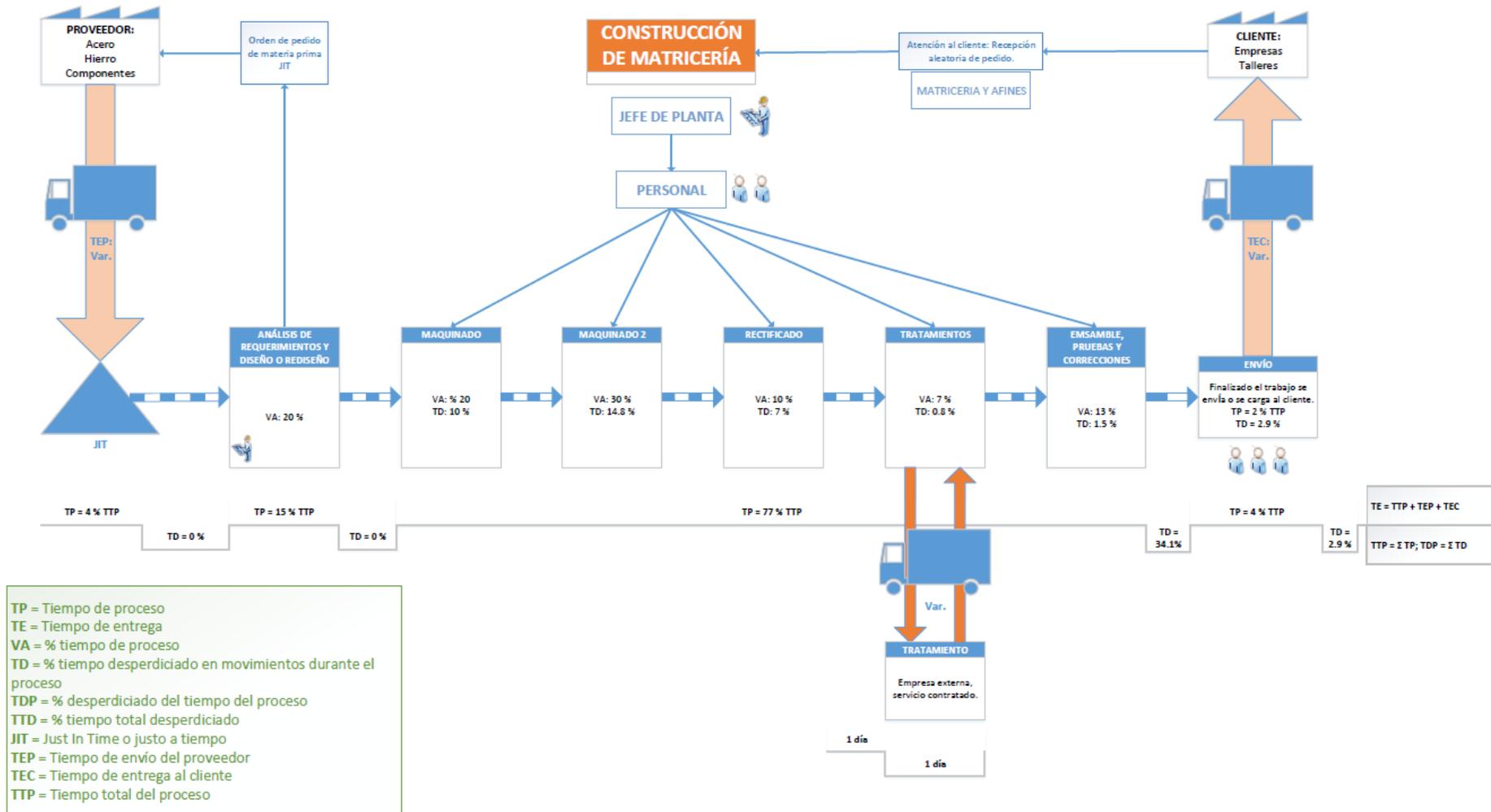


Figura 4.1 VSM Mecánica Precisa - Abril 2014

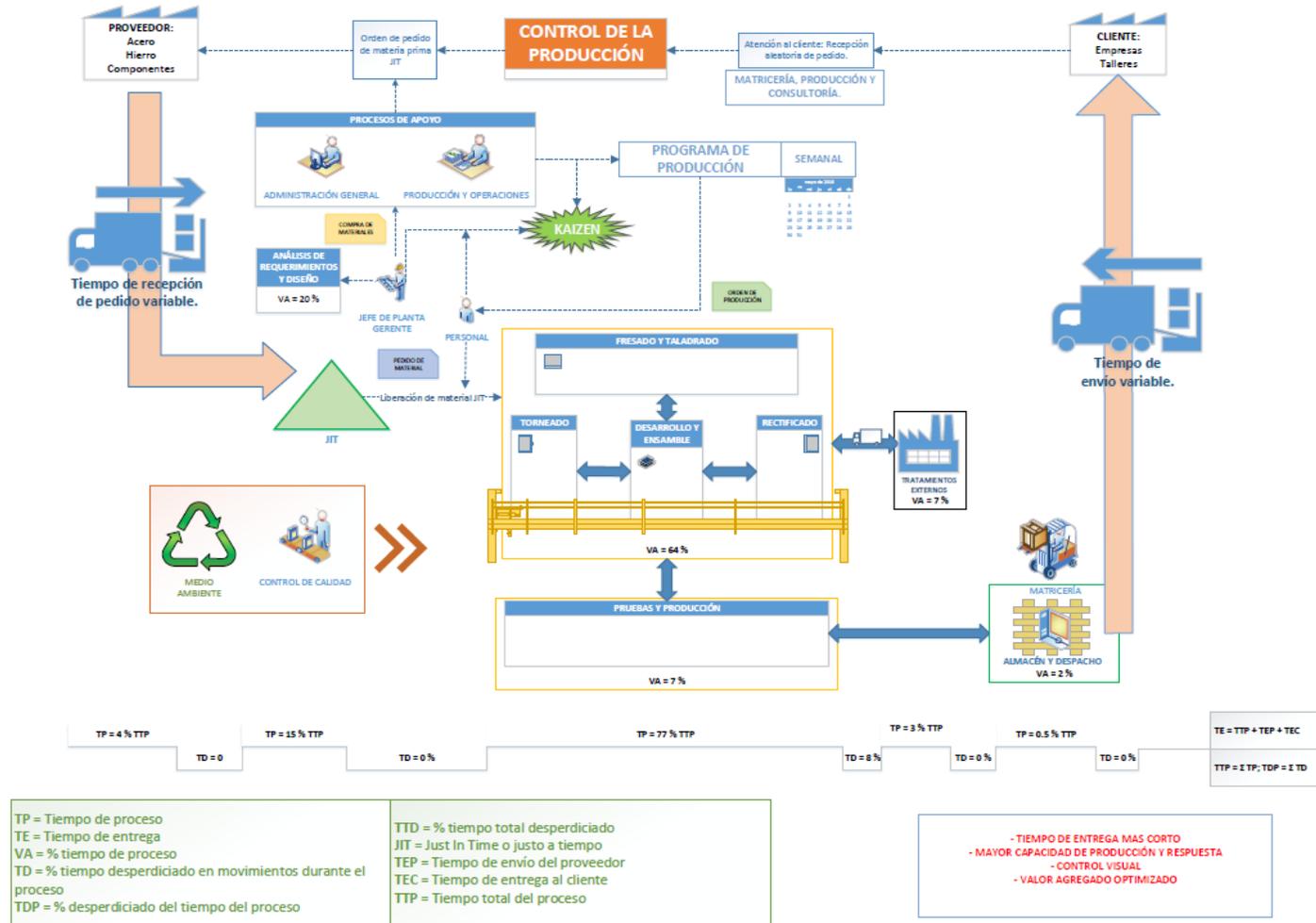


Figura 4.2 VSM Mecánica Precisa – Proyección Junio 2016

## **Recomendaciones**

- Una vez realizada la redistribución se recomienda iniciar el proceso de documentación de los procesos.
- La documentación de los procesos es una herramienta indispensable en el día de hoy y mediante la gestión adecuada de los mismos la empresa puede empezar a gestionar las siguientes ramas que intervienen en la productividad, como el control de la calidad, la gestión de inventarios y el manejo de proveedores y clientes.
- Con este enfoque la empresa podrá continuar conforme al plan estratégico establecido para el período actual, habiéndose facilitado las oportunidades para la integración vertical y horizontal.
- Finalmente, la empresa deberá solidificar sus bases de mejoramiento continuo con la práctica diaria y aplicando los procedimientos del ciclo de mejora continua PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar).

## BIBLIOGRAFÍA:

- Arrieta P., G. J. (2000). CONTROL VISUAL DE PLANTA Y 5S ,  
HERRAMIENTAS DE MEJORAMIENTO CONTINUO.
- Arrieta P., G. J. (2007). 5 S's, Pilares de la Fábrica Visual.pdf. Medellín.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2008). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*. (J. M. Chacón & E. C. Zúñiga Gutierrez, Eds.) (Duodécima). México.
- Estrada, J. A. (2006). *SISTEMA KANBAN , COMO UNA VENTAJA COMPETITIVA EN LA MICRO , PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Fred, M., & Matthew, S. (2001). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales - Fred E*. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=uq3CmCKEv6AC&pg=PA468&lpg=PA468&dq=instalaciones+de+manufactura+ubicaci+n+planeaci+n+y+dise+o&source>
- Moore, R. (2007). *Selecting the right manufacturing improvement*. Burlington: Butterworth-Heinemann. Retrieved from <http://site.ebrary.com/id/10158388?ppg=1>
- Kulwiec, R. A. (1985). *Materials Handling Handbook* (Segunda ed.). New York, United States: John Wiley & sons.
- Pesántez, P. (2015). *Planeación Estratégica - MecPrec*. Cuenca.

## ANEXOS

### **Anexo 1: Procedimiento para crear Tabla del proceso.**

1. Método existente o propuesto: se requiere una marca de verificación en una de las dos casillas. Una buena práctica de la ingeniería industrial es registrar siempre el método existente, de modo que el propuesto pueda compararse siempre. Fijar el costo con los métodos propuesto y existente requerirá justificación de la propuesta, en especial, si cualquiera de los costos está involucrado. Una buena idea para cualquier ingeniero es registrar y divulgar la reducción del costo expresado en dólares que se ahorraron.
2. Fecha \_\_\_\_\_ Página \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_: siempre escriba la fecha en su trabajo. Éste tiende a estar por ahí durante años, y algún día querrá saber cuándo hizo aquel trabajo grandioso. En los trabajos extensos son importantes los números de página a fin de ayudar a conservar el orden apropiado.
3. Descripción de la parte: es probable que ésta sea la información más importante del formato. Todo lo demás será inútil si no registra el número de parte. Cada tabla del proceso está dedicada a una parte, por tanto sea específico. La descripción de la parte también incluye su nombre y especificaciones. Sería útil adjuntar un dibujo a la tabla del proceso.
4. Descripción de la operación: en este bloque se registran los límites del estudio; por ejemplo, del departamento de recepción al de ensamblado. Asimismo, aquí puede estar cualquier información de interés.
5. Resumen: sólo se usa para la solución propuesta. se registra el conteo de las operaciones, el transporte, la inspección, las demoras y el almacenamiento, para los métodos propuesto y existente y se calcula la diferencia (ahorros) entre ellos. La distancia recorrida se obtiene para ambos métodos y luego se determina la diferencia. Se resumen los estándares de tiempo en minutos u horas y se calcula la diferencia. Así, el resultado de todo proceso de elaborar tablas de los procesos existente y propuesto, consiste en información acerca de la reducción del costo. Se volverá a esta etapa 5 después de la 15.
6. Análisis: se plantean las preguntas por qué, qué, dónde, cuándo, cómo y quién

para cada etapa (renglón) de la tabla del proceso. La primera es “por qué”. Si no tiene una razón buena para la etapa, puede eliminarla y ahorrar el 100 por ciento del costo. El cuestionamiento de cada etapa es la manera en que se llega al método propuesto. Con dichas preguntas los diseñadores intentan:

- a. Eliminar toda etapa posible porque esto produce los ahorros más grandes.
- b. Combinar etapas cuando no puedan eliminarse, con el fin de distribuir el costo y tal vez eliminar las etapas intermedias. Por ejemplo, si se combinan dos etapas es posible eliminar las demoras y el transporte. Si se combina el transporte, muchas partes se manejarán como una sola.
- c. Cambiar la secuencia de las operaciones con objeto de mejorar y reducir el flujo, y ahorrar muchos pies de recorrido si las etapas no pueden combinarse o eliminarse.

Como puede ver, la fase de análisis de la elaboración de la tabla del proceso le da a éste significado y propósito. Se volverá a la etapa 6 después de la 15, sobre reducción de costos.

7. Diagrama de flujo adjunto (importante): hacer la tabla del proceso tiene un uso conjunto con la elaboración de diagramas de flujo. En ambas técnicas se utilizan los mismos símbolos. La tabla del proceso consiste en palabras y números, mientras en la sección siguiente). Los métodos presente y propuesto de ambas técnicas deben narrar la misma historia; deben concordar.

Realizado por: aquí va el nombre del diseñador de las instalaciones.

8. Detalles del proceso: se numera cada renglón de la tabla del flujo del proceso, en el frente y al reverso. Se usa una tabla para 42 etapas. Cada una de éstas es independiente por completa y permanece sola. Una descripción de lo que pasa en cada etapa ayuda a responder las preguntas del analista. Describa lo que ocurre con el menor número de palabras que sea posible. Esta columna nunca se deja en blanco.

9. Método: por lo general, se refiere a la forma en que se transporta el material: con montacargas, carros de mano, transportador, a mano; pero los métodos de almacenamiento también pueden mencionarse aquí.

10. Símbolos: aquí se citan los símbolos de la tabla del proceso. El analista debe clasificar cada etapa y sombrear el símbolo apropiado para indicar a todos en qué consiste esta etapa.

11. Distancia en pies: esta etapa sólo se usa con el símbolo de transporte. La suma de esta columna es la distancia recorrida con cierto método. Esta columna es uno de los mejores indicadores de productividad.

12. Cantidad: se refiere a muchas cosas:

a. Operación: cuántas piezas se producen por hora.

b. Transporte: cuántas piezas se movieron en cierto momento.

c. Inspección: cuántas piezas se inspeccionaron por hora, si fue mediante un tiempo estándar o con frecuencia de inspección.

d. Demora: cuántas piezas hay en el contenedor. Esto nos dirá qué tan grande es la demora.

e. Almacenamiento: cuántas piezas hay por unidad de almacenamiento.

Todos los costos se expresarán como costo unitario o costo por unidad, por lo que es importante saber cuántas piezas se transportaron en un periodo de tiempo.

13. Cálculos de tiempo/costo: se pide a los ingenieros industriales que calculen los costos con base en muchas cosas y, por tanto, la forma en que se calcularon tiende a perderse. Este espacio se destina a registrar las fórmulas que se desarrollaron para determinar los costos, de modo que no tenga que volverse a hacer una y otra vez.

14. Resumen: una vez terminadas todas las etapas de la tabla del proceso del método existente, el resumen se integra con lo siguiente:

a. Conteo de todas las operaciones, transporte, etcétera.

b. Sumar el tiempo unitario de todas las etapas.

c. Sumar la distancia viajada.

## **Anexo 2: Procedimiento para crear un Diagrama de flujo.**

Paso 1. El diagrama de flujo comienza con una distribución, existente o propuesta, dibujada a escala.

Paso 2. A partir de la hoja de ruta, se dibuja cada etapa de la fabricación de cada parte, se conecta con una línea y se emplean códigos de color u otros métodos para distinguir los elementos diferentes.

Paso 3. Una vez que todas las partes han sido fabricadas, se reúnen en una secuencia específica en la línea de ensamblado. La posición de la línea estará determinada por el punto del que provienen las partes individuales. En la línea de ensamblado todas las líneas de flujo se reúnen y van como una sola hacia el empaclado, el almacén y el envío. Un diagrama de flujo bien pensado será la mejor técnica para desarrollar la distribución de la planta.

### Anexo 3: Tarjetas KANBAN

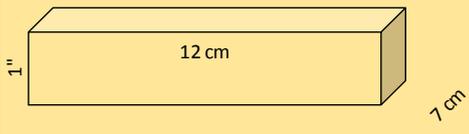
KANBAN para Orden de trabajo:

<b>Origen :</b>	E5	<b>Destino :</b>	E1
<b>Descripción :</b>	Fabricar punzón 3/4" x 4" M15	<b>Centro :</b>	Torneado
<b>Material :</b>	M1A	<b>Máquina :</b>	Torno
<b>Fecha :</b>	20-may	<b>Cantidad:</b>	3
<b>Hora :</b>	8:20	<b>Kanbans :</b>	1 de 1
<b>Descripción de la operación :</b>			
Refrentar → L = 257 mm		Cilindrar diámetro 1	
Cilindrar diámetro 2		Dar acabado	
<b>Id. de componente</b>		<b>Id. De Kanban</b>	
AP1C		OT24	

KANBAN para pedido de Materia Prima:

<b>Origen :</b>	E5	<b>Destino :</b>	A1A
<b>Descripción :</b>	Fabricar matriz M15	<b>Almacén :</b>	Materiales y partes
<b>Material :</b>	M1A	<b>Código :</b>	1A
<b>Fecha :</b>	21-may	<b>Cantidad:</b>	2
<b>Hora :</b>	8:20	<b>Kanbans :</b>	2 de 4
<b>Dimensión :</b>			
Largo y ancho = 12 cm			
Espesor = 5 cm			
<b>Id. de material</b>		<b>Id. De Kanban</b>	
AP1C		MP315	

KANBAN para Compra de Material:

<b>Origen :</b>	E5	<b>Destino :</b>	P3
<b>Código Orden :</b>	Mat15	<b>Descripción :</b>	Bloque de hierro
<b>Fecha de pedido :</b>	21-may	<b>Material :</b>	M2G
<b>Hora :</b>	10:00	<b>Cantidad:</b>	2
<b>Fecha máx. necesitada :</b>	23-may	<b>Kanbans :</b>	1 de 3
<b>Dimensión :</b>			
Largo = 15 cm			
Ancho = 7 cm			
Espesor = 1"			
<b>Id. de material</b>		<b>Id. De Kanban</b>	
AP1C		C37	