



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO
NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS,
S.A.**

Sergio Ranferí López Malin

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Marroquín Yoc

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO
NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS,
S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO RANFERÍ LÓPEZ MALIN

ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO MARROQUÍN YOC

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Codova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo Gonzales Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO
NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS,
S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de enero de 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sergio Ranferi López Malin', written over a diagonal line that extends from the bottom left towards the top right.

Sergio Ranferi López Malin

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.AS.EMI.048.019
Guatemala, 16 de julio de 2019.

Ingeniero
Jorge Mario Marroquín Yoc
Asesor Asignado
Presente

Ingeniero Marroquín:

Por medio de la presente me dirijo a usted para notificarle que el Ing. Victor Hugo García Roque, fue nombrado como revisor del Trabajo de Graduación **PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS, S.A.**, de el estudiante universitario **Sergio Ranferi López Malin**, habiendo sugerido correcciones y/o ampliaciones en dicho trabajo, para lo cual le solicitamos su aprobación, o en su defecto su opinión para ser trasladada al revisor asignado.

Agradeciendo su atención a la presente me suscribo de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Asignación de Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Vo.Bo.
Ing. Jorge Mario Marroquín Yoc
Asesor Trabajo de Graduación

Ing. Jorge Mario Marroquín Yoc
Colegiado No. 6464

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.072.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Ranferí López Malin**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Víctor Hugo García Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
W. No. 5133

Guatemala, julio de 2019.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.078.020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Ranferi López Malin**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2020.

/mgp

Escaneado c

DTG. 339.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO DE LA FÁBRICA DE REPUESTOS INDUSTRIALES MARQ AGROS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Ranferi López Malin**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, la salud y la sabiduría para finalizar esta carrera.
- Mis padres** Sergio Ismael López Herrera y Ana Rosa Malin de López, por sus sabios consejos, por hacer de mí un hombre de bien; este triunfo es suyo.
- Mis hermanas** Beatriz Alejandra, María Fernanda López Malin, por su ejemplo y apoyo brindado a cada momento.
- Mis amigos** Compañeros de primaria, secundaria y universidad, a quienes les deseo éxitos en su vida profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirán en el ámbito profesional laboral.

Facultad de Ingeniería

Por la oportunidad que me brindó para llevar a cabo mi formación profesional.

Mis amigos industriales

Darwin López, Fredy García, Billy Mérida, por su amistad y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes históricos de la fábrica	1
1.1.1. Historia.....	2
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Visión	3
1.1.4. Misión.....	3
1.1.5. Organización.....	4
1.2. Distribución de la planta industrial	6
1.2.1. Definición de distribución de la planta industrial	8
1.2.1.1. Distribución en planta por producto.....	9
1.2.1.2. Distribución en planta por proceso	10
1.2.2. La redistribución de maquinaria.....	11
1.2.3. Los principios de la distribución en planta	12
1.2.4. Tipos de distribución en planta	13
1.3. Mantenimiento industrial y generalidades	19
1.3.1. Conceptos de mantenimiento	20
1.3.2. Factores que influyen en el mantenimiento	21
1.3.3. Mantenimiento preventivo.....	22

1.3.4.	Mantenimiento correctivo	25
1.3.5.	Control del mantenimiento.....	26
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	29
2.1.	Descripción general de las instalaciones	30
2.1.1.	Edificio.....	32
2.1.1.1.	Paredes	32
2.1.1.2.	Piso	33
2.1.1.3.	Techo	34
2.1.2.	Iluminación	35
2.1.2.1.	Iluminación natural.....	36
2.1.2.2.	Iluminación artificial.....	37
2.1.3.	Ventilación.....	41
2.1.3.1.	Ventilación natural	41
2.1.3.2.	Ventilación artificial	42
2.2.	Descripción de la maquinaria y equipo que se utiliza.....	42
2.2.1.	Planos actuales de la distribución de maquinaria.....	62
3.	PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA	65
3.1.	Distribución del equipo y la maquinaria.....	67
3.2.	Redistribución de maquinaria y equipo	67
3.2.1.	Planos de la redistribución de maquinaria y equipo	70
3.3.	Planos de la redistribución de luminarias.....	81
3.3.1.	Cálculo de lámparas en rediseño de iluminación	83
3.3.2.	Análisis de la seguridad actual	88
3.4.	Análisis financiero del rediseño de distribución de maquinaria y equipo en los talleres	89
3.5.	Evaluación de las opciones.....	92

4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA.....	95
4.1.	Presentación de la propuesta al personal involucrado en la instalación.....	91
4.1.1.	Presentación de la propuesta de trabajo	97
4.1.1.1.	Informe escrito.....	97
4.1.1.2.	Informe verbal	105
4.1.1.2.1.	Exposición del estudio....	106
4.1.1.2.2.	Plano de distribución...	106
4.1.1.2.3.	Diagramas explicados....	107
4.2.	Planos de la redistribución de luminarias	109
4.3.	Registro de maquinaria y equipo	117
4.4.	Elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo	117
5.	MEJORA CONTINUA.....	125
5.1.	Auditoría de la redistribución de maquinaria.....	125
5.1.1.	Revisión de la reubicación de maquinaria	127
5.1.2.	Reportes de la redistribución.....	129
5.1.2.1.	Evaluación.....	129
5.1.2.2.	Resultados.....	138
5.1.2.2.1.	Ventajas y desventajas..	139
5.1.2.2.2.	Riesgos.....	140
5.1.2.3.	Documentación de resultados.....	141
5.2.	Evaluación de los programas de mantenimiento	142
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES	147
	BIBLIOGRAFÍA.....	149
	APÉNDICES	151

ANEXOS..... 153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación Fabrica Marq Agros, S.A	3
2.	Organigrama	5
3.	Distribución por proceso.....	14
4.	Distribución por producto	15
5.	Entrada de taller de fábrica Marq Agros, S.A.....	29
6.	Paredes de la fábrica.	32
7.	Piso de la fábrica.....	33
8.	Techo de la fábrica.....	35
9.	Iluminación natural	37
10.	Lámpara	38
11.	Distribución de lámparas den módulo uno	40
12.	Ventanas	41
13.	Dimensiones del módulo uno.	43
14.	Dimensiones de maquinaria y equipo en módulo uno.....	44
15.	Distancias entre máquinas y equipos en módulo uno.	45
16.	Torno uno.....	47
17.	Torno dos	47
18.	Fresadora.....	49
19.	Fresadora mixta.	49
20.	Cepillo	51
21.	Barreno y taladro.....	52
22.	Soldadora.....	54
23.	Rectificadora plana.....	55

24.	Rectificadora universal.....	56
25.	Rectificadora cilíndrica.	57
26.	Dimensiones de módulo dos.....	59
27.	Dimensiones de máquinas y de quipos en módulo dos	60
28.	Distancias entre máquinas y equipos en el módulo dos	61
29.	Plano de distribución modulo dos.	63
30.	Diagrama Layout.....	69
31.	Plano de distribución de subáreas propuesta	71
32.	Plano de distribución de maquinaria propuesta	72
33.	Plano de distribución prevista por expansión.....	73
34.	Distribución en el módulo uno.....	76
35.	Distribución en el módulo dos	78
36.	Plano de redistribución de luminarias	82
37.	Plano de rediseño de iluminación en módulo uno.....	115
38.	Plano de rediseño de iluminación en módulo dos.....	116
39.	Redistribución del área de tornos	130
40.	Torno italiano marca SGM	131
41.	Torno italiano marca Tiger	131
42.	Redistribución del área de la fresadora	132
43.	Fresadora universal marca Tiger	133
44.	Fresadora universal marca Arno.....	133
45.	Redistribución del área de taladros.....	134
46.	Taladro radial.....	135
47.	Redistribución del área de cepillado	136
48.	Cepillo.....	137
49.	Redistribución del área de soldadura.....	137
50.	Soldadura marca Inverter 2016	138

TABLAS

I.	Características de planos propuestos.....	74
II.	Descripción de planos propuestos.....	75
III.	Descripción de las actividades productivas en la fábrica.....	84
IV.	Descripción de las actividades productivas en la fábrica.....	84
V.	Factores de peso para el área de producción.....	85
VI.	Rango en luxes.....	86
VII.	Costos de rediseño de distribución.....	89
VIII.	Costos de rediseño de iluminación.....	90
IX.	Costos de rediseño de distribución.....	91
X.	Materiales eléctricos.....	93
XI.	Esquema de informe escrito para la redistribución de maquinaria ...	98
XII.	Descripción del trabajo según las normas IES.....	110
XIII.	Clasificación de rangos de iluminancia en lux.....	110
XIV.	Clasificación por color de coeficiente de reflexión.....	111
XV.	Ponderación según factores de peso.....	111
XVI.	Hoja de registro.....	117
XVII.	Hoja de inspecciones.....	118
XVIII.	Hoja de control de mantenimiento.....	119
XIX.	Hoja de orden de trabajo.....	120
XX.	Hoja de tareas de mantenimiento.....	122
XXI.	Formulario de auditoria.....	126
XXII.	Encuesta para operarios.....	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\approx	Aproximadamente
\emptyset	Flujo lumínico total
$>$	Mayor que
$<$	Menor que
m	Metro
m²	Metro cuadrado
%	Porcentaje, tanto por ciento
\sqrt{x}	Raíz cuadrada de la variable x

GLOSARIO

Accidente	Acontecimiento inesperado o imprevisto que interrumpe o interfiere el proceso ordenado de una actividad que se lleve a cabo.
EPP	Equipo de protección personal.
Excel	Referente a Microsoft Excel, que es una aplicación desarrollada por Microsoft y distribuida en el paquete de Office para usarse en Windows como hojas de cálculo.
Flujo luminoso	Cantidad de iluminación medida en luxes, emitida de una fuente.
Lux	Índice de medición de la iluminación; es la unidad derivada del sistema internacional de unidades para la luminaria o nivel de iluminación.
Máquina	Es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo.
Mitigación	Medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar un riesgo latente.

Proceso	Los procesos, en relación con la producción, son una secuencia de actividades que son requeridas para elaborar un producto de cualquier índole.
Productividad	Relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla, sin descuidar la calidad.
Rediseño	Resultado del estudio de un diseño y la posibilidad de mejorarlo adecuándose a las necesidades actuales.
Redistribución	Ordenamiento con base en distribuciones anteriores, fallas detectadas o necesidades emergentes.
Reflectancia	Es la medida de reflexión, puede ser definida como la relación entre el flujo luminoso reflejado y el flujo luminoso incidente.

RESUMEN

Las distribuciones de maquinaria y equipo se diseñan de acuerdo a las condiciones iniciales de trabajo; pero a medida que una fábrica crece, debe considerarse la posibilidad de una redistribución que tenga nuevas condiciones.

Tomando en cuenta que la mejora continua es un factor importante para el éxito de las empresas, se propone la definición de un área adecuada en la colocación de la maquinaria y el equipo nuevo y una redistribución de la maquinaria existente; presenta planos que facilitan la visualización e implementación. Lo anterior permite establecer una nueva área laboral que facilite el flujo de actividades dentro del área de producción. Además, se realizan los cálculos que permiten determinar el número ideal de luminarias en el área de fabricación.

Para establecer las bases del estudio, se conoció los antecedentes históricos de la fábrica Marq Agros S.A.; definiciones importantes de la distribución de plantas, conceptos de mantenimiento industrial y generalidades a considerar para llevar a cabo la propuesta.

Para que la implementación de dicha propuesta sea exitosa, se tiene que contar con un personal bien informado con las modificaciones que se efectúan, no solo para darle a conocer las tareas que le serán asignadas, sino para que estas sean desempeñadas correctamente y se cumpla con lo esperado.

Por último, también se proponen auditorías, reportes y estudio de la documentación que proporcione información relevante; como parte de la mejora continua.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una propuesta para la redistribución de maquinaria y equipo nuevo de la fábrica de repuestos industriales Marq Agros, S.A.

Específicos

1. Realizar la distribución y asignación a recientes áreas de la maquinaria en la fabricación de repuestos industriales.
2. Analizar las oportunidades de mejora en la redistribución de maquinaria.
3. Verificar la adecuada iluminación en la fabricación de repuestos industriales.
4. Estudiar los costos y beneficios de la propuesta de redistribución de maquinaria y equipo nuevo.
5. Comparar los resultados de la propuesta con la situación actual, con el objetivo de determinar ventajas y desventajas.

6. Involucrar al personal operativo en el manejo y control del equipo nuevo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en nuestro país, se ven cambios constantes de que la tecnología mejora cada día, así como los métodos para la fabricación o elaboración de piezas industriales para diversos tipos de equipos; como consecuencia, se necesita satisfacer constantemente a los clientes o empresas, así como también, generar utilidades en altos porcentajes.

En Guatemala, hay fábricas sin un método de producción adecuado; esto se refleja directamente en los gastos que se efectúan en la adquisición de los componentes obligatorios para la producción, en el monto del almacenaje y en un alto número de productos que se pierden por operación inadecuada.

Por tal motivo, es necesario analizar los métodos de producción para ser más eficientes las operaciones, dentro de lo cual, es sumamente importante realizar un diseño de distribución de maquinaria acorde a los procesos y equipos con los que se cuenta en la planta. Es importante analizar las características de todos los modelos que la ingeniería propone, para determinar, cuál es la que más se ajusta a la necesidad de la fábrica.

Según lo anterior, los capítulos se enfocan en la preparación de un método de redistribución de maquinaria y equipo nuevo en el taller, y se adecuan a las condiciones de la fábrica para aprovechar al máximo cada uno de sus recursos de la misma.

La importancia de este estudio radica en mejorar el método de producción actual y sus condiciones laborales; lo cual permite un incremento en la posibilidad de satisfacer la demanda en la fabricación de piezas industriales.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Para establecer las bases del estudio, se dan a conocer los antecedentes históricos de la fábrica, definiciones importantes de la distribución de plantas, conceptos de mantenimiento industrial y generalidades a tomar en cuenta para llevar a cabo la propuesta.

1.1. Antecedentes históricos de la fábrica

La industria ha crecido en gran medida durante las últimas dos décadas. La cantidad de fábricas de todo tipo a nivel mundial ha crecido; en Guatemala sucede lo mismo.

Con el crecimiento industrial, viene la adquisición de gran cantidad de máquinas productivas de diferentes orígenes, los cuales ingresan a la industria guatemalteca. Sin embargo, las máquinas no son eternas, requieren mantenimiento y, en algunos casos, reparación.

Al recurrir a los países de donde proceden las máquinas adquiridas, para proveerles del mantenimiento de repuestos o de reparaciones, tiene casi el mismo costo que adquirir una máquina nueva. Es aquí, donde surge la necesidad de adquirir la capacidad para dar mantenimiento a las máquinas que se adquieren; que dan lugar a la creación de áreas de mantenimiento en la mayoría de ellas. Sin embargo, la capacidad para adquirir piezas nuevas o para repararlas, no es tan accesible para todas las empresas.

Al detectar, en Guatemala, la creciente demanda de reparación y

elaboración de piezas industriales, nace la idea de crear una fábrica con la capacidad de satisfacer esta necesidad; y así surge Marq Agros S.A.

La trayectoria que ha tenido la fábrica Marq Agros S.A es de más de 17 años desde su fundación; durante el transcurso de este tiempo ha tenido que modificar la colocación de sus instalaciones; además ha contado con un crecimiento constante, lo cual da lugar a su historia.

1.1.1. Historia

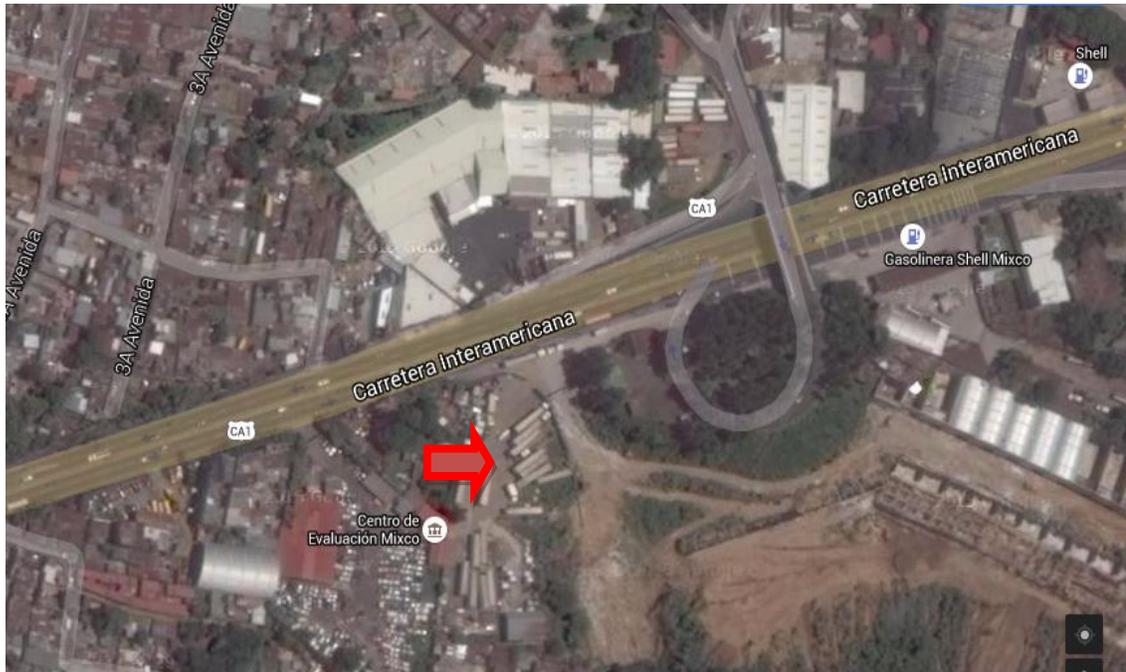
En 1992 se tiene la idea de crear una fábrica de metal-mecánica, pero fue hasta en mayo del año 1996, que se concretó la idea. Se Adquirió la maquinaria y personal necesarios para ponerla en marcha.

Las primeras piezas industriales fueron fabricadas en las instalaciones ubicadas en la calle Los Pinos 11-31, zona 7 de Mixco, Guatemala. Lugar donde se mantuvo en funciones durante un poco más de 14 años, que atiende diversos pedidos de empresas guatemaltecas que han adquirido maquinaria industrial durante este período.

1.1.2. Ubicación

La fábrica ha cambiado de ubicación por crecimiento, tanto en la demanda, como en la maquinaria que se adquirió. Razón por la que, en febrero de 2011, se trasladan las instalaciones a la bodega No. 1 de Ecobodegas, ubicada en Km 19,5 Carretera Interamericana, Lo de Coy Mixco, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación Fabrica Marq Agros, S.A**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Visión

Ser una empresa altamente reconocida en la elaboración de equipos en metal-mecánica en nuestro país, buscando constantemente la excelencia.¹

1.1.4. Misión

Realizar piezas en metal-mecánica de calidad, con personal calificado y comprometido con la satisfacción de nuestros clientes, mostrando seriedad con cada trabajo realizado.²

¹ Marq –Agro S.A. *Memoria de labores. 2017.* p. 5.

² Marq –Agro S.A. *Memoria de labores. 2017.* p. 5.

Los principios que dirigen el actuar de cada integrante fábrica Marq Agros S.A. Para conseguirla la misión y visión, son las virtudes que se analizan así:

- Identidad nacional: un compromiso al país, la fábrica Marq Agros S.A se trabaja con fe, compromiso y así mismo engrandecer el crecimiento a Guatemala y a la población. En manera personal se defienden la honradez y afinidad nacional.
- Innovación: se valora la habilidad humana que desarrolla soluciones exitosas. Exceder lo ordinario y somos un molde que diferencia la calidad. Somos de agrado firmes y está al frente de la necesidad.
- Compromiso: un compromiso en fábrica Marq Agros S.A es un objetivo llegar a las metas marcadas. Se establecen los beneficios institucionales y los cumplimientos de calidad, respeto, lealtad y comunicación, se trabaja en equipo para tener un mejor bienestar personal, para la ciudad de Guatemala.
- Integridad: efectuar a tiempo, realizando lo mejor posible tanto en servicio, atención, ser leal a las personas, donde cada trabajo se efectúa con honestidad y excelencia.

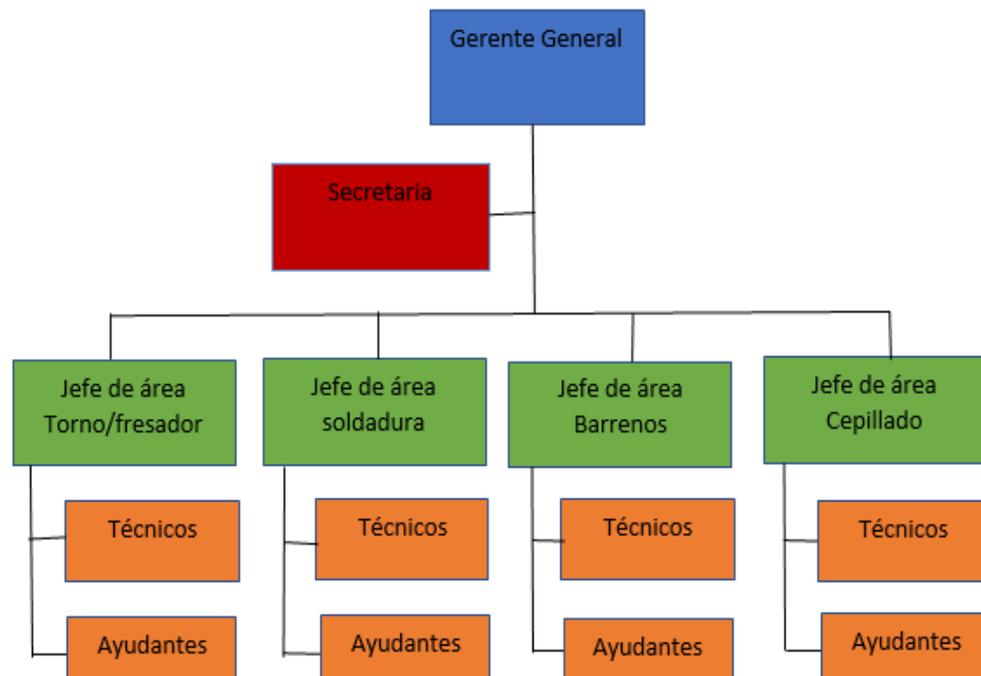
1.1.5. Organización

La fábrica posee una estructura organizacional funcional que permite la eficiente administración de los recursos disponibles para la producción de piezas industriales; además, facilita la comunicación entre gerencia y

producción.

El personal contratado en la fábrica es recurso humano con la capacidad de desempeñar funciones específicas. La fábrica dispone con 27 empleados más el dueño de la empresa que funge como gerente general. Entre los empleados están cuatro jefes de área, diez técnicos-operarios, 12 ayudantes operarios y la secretaria. De acuerdo con esto se presenta el siguiente organigrama de la empresa, identificando la jerarquía de los puestos en la fábrica.

Figura 2. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

El personal contratado en la fábrica, es recurso humano con la capacidad de desempeñar funciones específicas. La fábrica está integrada de 27 empleados y el dueño de la misma que se ocupa como gerente general. Los empleados están organizados de la siguiente manera: cuatro jefes de área, diez técnicos-operarios, 12 ayudantes –operarios y la secretaria.

1.2. Distribución de la planta industrial

La mayoría de las distribuciones de maquinaria quedan proyectadas para las necesidades que se cuentan para empezar con las actividades, pero cuando inicie su crecimiento este se debe acomodar.

Estas modificaciones internas y externas que se realizan en la distribución inicial, son cambios que se ejecutarán conforme sea necesaria al momento de establecer la redistribución. La circunstancia para la redistribución se comprende:

La continuidad de la redistribución dependerá de la demanda del propio proceso, se realiza regularmente, continua o por lotes.

Las necesidades para llegar a tomar la opción de redistribución de planta son:

- Obstrucción e impedimento del espacio
- Amontonamiento de material
- Largas distancias a recorrer de trabajo.
- Coincidencia en cuellos de botella
- Trabajadores capacitados realizan trabajos poco difíciles
- Desorden de la mano de obra

- Accidentes laborales
- Complicaciones de supervisar las operaciones

Los principios de la distribución en planta son:

- Inicio de todo el grupo: la distribución es la unión de actividades complementarias, como alguna otra alternativa, para que resulte de satisfacción entre todas.
- Principio de pequeña caminada: es aquella distribución que permite la distancia de caminar por los materiales y los procesos sean más pequeños.
- Inicio del movimiento de materiales: son las distribuciones o procesos que tienen la misma secuencia de trabajo, el producto con los materiales.
- Acondicionamiento de espacio: para ser eficientes en la utilización de espacios disponibles simultáneamente en lo horizontal como vertical.
- Inicio de seguridad: es la distribución que trabaja para tener a los productores seguros.
- La flexibilidad: es la distribución que puede acomodar con el menor costo posible.

La distribución en la fábrica Marq Agros, S.A necesita de un ordenamiento en los equipos de trabajo, lo que permite garantizar su movimiento óptimo a un costo bajo. Cuando se ordena incluye el posicionamiento de los departamentos o áreas, determinación de los lugares de trabajo, los espacios que se necesitan para el traslado de los materiales, áreas de almacenamiento, máquinas,

equipo de trabajo y trabajadores.

Para una mejor distribución se persiguen dos intereses: una de carácter económico y otra de carácter social. En el económico se pretende incrementar el producto y minimizar los costos. Mientras que en lo social se reconoce brindarle protección al trabajador en todo lo que realice. En la búsqueda de estos intereses y como parte de la mejora continua, se analiza la distribución de las plantas y se determinan si estas necesitan ser mejoradas que lugar a las redistribuciones de las plantas.

1.2.1. Definición de distribución de la planta industrial

Se define a la distribución de la fábrica, como la organización del espacio en donde están los recursos físicos, que se emplean para crear un producto final.

El planteamiento de la distribución de la fábrica, es una herramienta propia del ingeniero industrial, que le permite optimizar recursos dentro de una empresa. Al diseñar la distribución, se analiza y se define la localización y ordenamiento de las áreas laborales y de la maquinaria que conforman la producción.

Una selección o un acomodamiento de la maquinaria de producción. Es importante entender la relación que hay entre los equipos de producción: maquinaria, materiales y trabajadores. Existen varias formas de involucrarlos al movimiento:

- Materiales: representa el elemento principal del proceso.

- Hombre: el trabajador que está llevando las operaciones sobre las piezas.
- Maquinaria: los trabajadores son encargados de cambiar las herramientas o máquinas para la elaboración de las piezas.
- Material y de hombre: los trabajadores se trasladan con el material, así mismo, realiza ciertas operaciones en cada maquinaria.
- Material y de maquinaria: cada material, maquinaria o herramienta; son los trabajadores los que realizan cada una de las operaciones.
- Hombres y de maquinaria: los trabajadores se trasladan con sus herramientas y equipos alrededor de la maquinaria.

Pueden existir otros puntos de vista, la manera en que la fábrica realiza sus procesos para determinar qué tipo de distribución utilizar.

Se establecen tres aspectos de distribución: por producto es aquella producción continua, existe por procesos, esta va asignada por lotes; y la distribución por proyectos es aquella que hace básicamente el mismo producto.

Los procesos en las fabricaciones se hacen oportuno en realizarla distribución combinadas, recibiendo el nombre de mezcladas, llegando a ser común optando características de las distribuciones por producto y por proceso.

1.2.1.1 Distribución en planta por producto

La distribución toma sentido teniendo el producto que se llevará a elaborar; prácticamente dependerá de ello cuando su volumen sea grande; si es

elaboración de producción continua son los mismos productos; solo alteran las cantidades que se elaboran de un mes a otro. Cuando el producto está en producción no varían las operaciones porque, así como inician así terminaran.

Cuando la distribución tiene dirección de acuerdo con el producto, el trabajo y la maquinaria están en línea para tener una secuencia en cada operación para obtener los resultados esperados.

Cada puesto de trabajo proporciona una parte del total de la sucesión de producción.

En este tipo de distribuciones los estudiosos utilizan diversas técnicas: procedimientos, procesos, gráficas, para diseñar el lugar que necesita mejorar.

1.2.1.2. Distribución en planta por proceso

Esta distribución que se asigna por aquellos trabajos que no están estandarizados para la elaboración del producto en producción, es un requisito que se halla en la producción intermitente. Son todas las fábricas donde existe variedad de productos.

Cuando los trabajos no son estandarizados están en producciones de grandes cantidades; se encuentran productos distintos, que varían en esta distribución.

La cualidad de este plan de distribución es que la maquinaria de la misma identidad se puede trasladar fácilmente para las demás, que se necesitan para su producción final.

- Distribución en planta por posición fija

Esta distribución es para aquella maquinaria que no necesita moverse por varios aspectos: forma, tamaño, peso, volumen, que hacen que sea imposible su movilidad.

Esta etapa ocasiona que cada maquinaria de producción permanezca fija es una posición asignada, por ende, los trabajadores son los encargados de desplazarse a cada máquina.

Todo lo antes mencionado a la distribución, su meta, es la ubicación de los materiales y las herramientas donde se le ubicará su asignación y las actividades.

1.2.2. La redistribución de maquinaria

Las distribuciones de maquinaria y equipo se diseñan de acuerdo a las condiciones iniciales de trabajo; pero a medida que una fábrica crece, debe considerarse la posibilidad de una redistribución que se dispone a recientes evaluaciones. Realizar cambios a la distribución inicial, puede ser debido a diferentes motivos, pero principalmente se basan en:

- Variación en la sucesión de producción
- Aumento de la demanda
- Introducción de nueva maquinaria

Los problemas que se ponen de manifiesto, la necesidad de acudir a la reubicación de la fábrica, son:

- Estaciones de trabajo no ergonómicas

- Lugares inseguros o de riesgo
- Acumulación de materiales en áreas de trabajo o áreas de tránsito
- Flujo del proceso productivo deficiente
- Áreas mal aprovechadas
- Accidentes laborales

1.2.3. Los principios de la distribución en planta

Una eficiente distribución, no abarca una buena ordenación física al más bajo costo, también, una ordenación que sea segura y agradable para los trabajadores de una planta productiva. Por lo tanto, se debe cumplir con algunos principios:

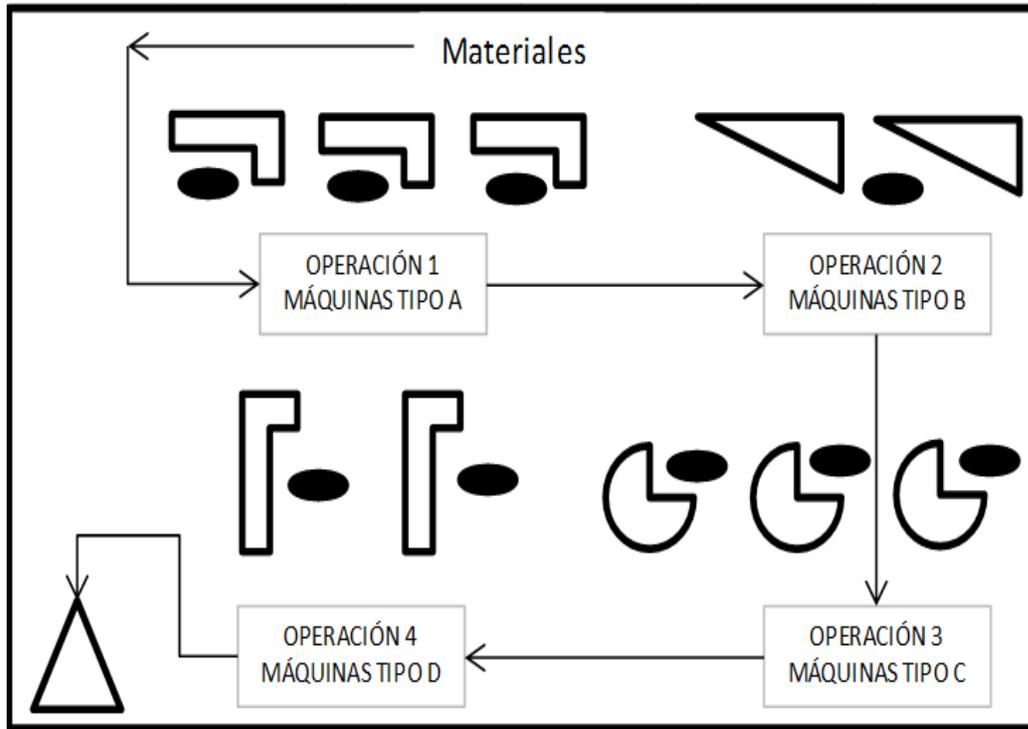
- Integración total: la base de este principio es la que supone la integración y coordinación de hombre, maquinaria y materiales en una unidad, con el propósito de convertir a la fábrica o industria en una sola máquina en funcionamiento.
- Mínima distancia recorrida: establece que la repartición de los materiales y las piezas recorran la menor distancia posible durante los procedimientos a los cuales serán sometidos.
- Circulación: determina si cada estación para realizar un proceso, una pieza o material, está situada de la colocación que ocupa en el procedimiento de fabricación. Es decir, verifica que el flujo del proceso productivo, sea efectivo.
- Espacio cúbico: la base es el aprovechamiento de todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.

- Busca la mejor forma de ordenar los procesos dentro del espacio disponible en la planta.
- Satisfacción y seguridad: busca que la distribución de la fábrica se haga un trabajo que sea satisfactorio y seguro para los operadores u obreros, esto para obtener mayor efectividad en los procedimientos.
- Flexibilidad: establece que la mejor distribución es aquella que permite ajustar y readaptarse a los cambios dentro de cada uno de los procesos con un costo e inconvenientes reducidos. Ya sea que se considere en una planta nueva, así mismo, su ampliación.

1.2.4. Tipos de distribución en planta

Para la distribución pueden existir varios criterios, donde es indispensable en la manera en que la fábrica utiliza los procesos para determinar la distribución en la planta a realizar, existen tres formas para realizar la distribución, las orientadas a los productos y la distribución por posición fija o por proyecto.

Figura 3. **Distribución por proceso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

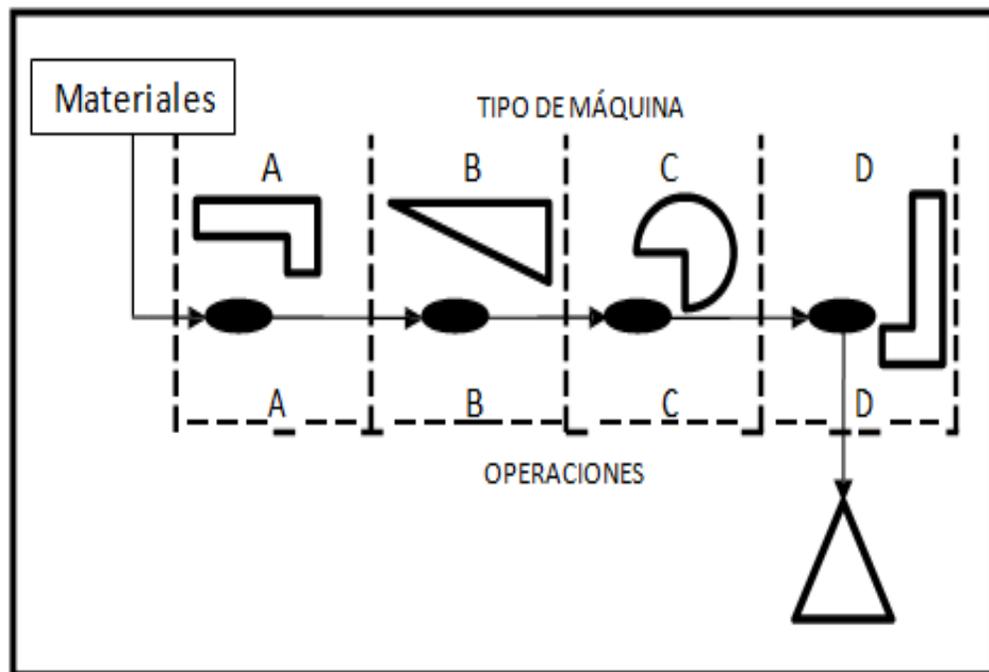
La distribución por proceso reúne maquinaria en cada área de trabajo, dependiendo su proceso. Las fábricas que trabajan productos de un mismo género, pero que cada uno es fabricado bajo pedido con características específicas, poseen flujos de trabajo no estandarizados para todas las unidades de producción.

El diseño de distribución, para estas fábricas de producción intermitente, debe ser orientado al proceso. Entre las características de la distribución por proceso están:

- Procesos de producción intermitente

- Pretende satisfacer necesidades diversas de producción
- El tamaño de los pedidos es pequeño
- Variación del proceso de producción para fabricar un mismo producto
- Maquinaria de uso general, costosa o pesada
- Operarios calificados o especializados para trabajar con la maquinaria

Figura 4. **Distribución por producto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

La distribución por producto es aquella donde se dispone el equipo o maquinaria de acuerdo al flujo del proceso; se utiliza, generalmente, en cada fábrica donde hay una determinada producción continua. Estas fábricas hacen los mismos productos todos los días; cambian, únicamente, las cantidades a producir en determinados intervalos de tiempo.

La cadena o línea de ensamble, cada línea debe de tener una serie de operaciones en la fabricación para que cada actividad fluya con facilidad.

Entre sus características están:

- Procesos de producción continua
- El o los productos están estandarizados
- Poca variedad de productos a fabricar
- El volumen de producción es alto
- Demanda constante
- Fácil balance de operaciones

Distribución por posición fija, es aquella que se posiciona en un determinado lugar donde se elabora el producto o donde se va a llevar a cabo el proyecto, se traslada el equipo, la maquinaria, las herramientas y el recurso humano a ese punto. Es utilizado cuando no es posible mover el producto debido a su tamaño, forma, peso, fragilidad u otra característica especial, por lo que debe permanecer en un mismo lugar durante todo su proceso de fabricación.

- Teoría de diagramas

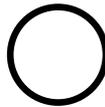
A continuación, se describen algunos diagramas, los cuales se utilizarán para la ejecución del trabajo.

- Diagrama de operaciones

Cada diagrama de operaciones es una idea gráfica o estaciones de trabajo por donde pasan las materias primas o partes de un producto para ser transformados o revisado hasta obtener el producto terminado; las actividades

que conforman este diagrama son: operación, inspección y actividad combinada. Se definirá cada una.

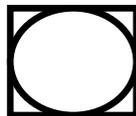
- Operación: se considera operación todo lo que represente una transformación o modificación de materiales de los lugares de trabajo y se representa con un círculo.



- Inspección: sucede cuando un producto o partes de él son sometidos a una revisión para verificar y comprobar la calidad, se representa con un cuadro.



- Actividad combinada: cuando en una misma estación de trabajo se realiza una operación e inspección a la vez se toma como actividad combinada y se representa con un círculo encerrado en un cuadro.



En las operaciones se muestra la secuencia de todas las operaciones que son necesarias para producir los productos o piezas que se fabrican en el taller. El diagrama abarca desde la llegada de materia prima y material de empaque hasta el empaque del producto final. Señala la entrada de todos los componentes y subcomponentes al ensamble principal del producto.

Como un esquema o diseño de taller, presentan en conjunto, detalles de fabricación como diseñar, esquemas o especificaciones lo que necesite para su fabricación.

Antes de preparar o elaborar un diseño, es necesario determinar los diseños que se tienen. Para realizarlos de una mejor manera de fabricación conviene realizar un esquema de procesos para resolver completamente una solución y presentar en qué áreas sería posible la mejora.

Podemos ver el punto donde está el problema para ir planteando ideas de hallar una solución para ser resuelto.

- Diagrama hombre-máquina

Cuando una persona y un equipo operan conjuntamente para realizar el proceso productivo, el interés se concentra en el uso eficiente del tiempo de esa persona y del tiempo del equipo. Cuando el tiempo del operador es inferior al tiempo de funcionamiento del equipo, resulta útil para el análisis un diagrama hombre-máquina. Si el operador puede operar varios equipos, el problema consiste en determinar la combinación más económica de operador y equipo; esto se logra cuando el tiempo de ocio se minimiza y el tiempo de utilización se maximiza.

Los diagramas hombre-máquina siempre se trazan a escala; siendo la escala el tiempo y medido por la longitud; por ejemplo, se puede elegir que un centímetro represente un segundo, un minuto o una hora. En general, debe existir una relación inversa en la selección, es decir, mientras más larga es la duración del ciclo de la operación menor debe ser la distancia por unidad de tiempo escogida. Este diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez.

Los símbolos utilizados para realizar este diagrama son:

- Operario trabajando o máquina activa, línea continua
- Tiempo muerto o de ocio, espacio en blanco
- Tiempo de preparación o descarga, línea discontinua

1.3. Mantenimiento industrial y generalidades

El mantenimiento industrial es una base fundamental en la industria; a causa de la implementación de procedimientos de mantenimiento en una fábrica, puede tener un impacto positivo en la cantidad y calidad de producción.

Para tener disponibilidad de maquinaria y equipo en los procesos productivos de una planta industrial, deben realizarse regularmente operaciones de mantenimiento. Esto permite reducir o acortar los repuestos; y promueve la creación de monitoreo de mantenimiento para determinar que toda la producción está en su estado máximo.

Un sistema de mantenimiento, puede variar de acuerdo al campo de aplicación en donde se requiera, que, puede adecuarse a diferentes casos o industrias. En el caso de instalaciones, cada zona queda fuera de un servicio de manera que se desactive una sola parte de toda la instalación.

La planeación del mantenimiento permite a cualquier empresa que la implemente, para producir en condiciones óptimas y ser competitivos dentro del sector industrial; se tienen muchos beneficios cuando se tiene un diseño estructurado en el mantenimiento y programa área:

- Produce ahorro en costos
- Mejora la productividad

- Minimiza inventarios
- Disminuye en el consumo de horas hombre
- Reduce el tiempo de paros no programadas

La planeación debe estar centrada en lo producido, en que se desea la corrección de fallas o averías, en el equipo o maquinaria involucrada. Pero cuando la planeación se enfoca en cada uno de los procesos y todo mantenimiento tiene un orden de planificación, que se cuenta en el manual de la fábrica.

Cuando una empresa trabaja bajo la tendencia de mejora continua, la planificación está diseñada para mejorar la realización del mantenimiento. Para ello, también, es necesaria una buena administración de repuestos, materiales y recursos varios propios del área de mantenimiento.

Para lograr una administración efectiva, se considera un monitoreo de inventarios y actualizaciones continuas.

El almacenamiento de los repuestos y materiales debe estar en lugares donde se tenga fácil acceso y bien ubicado con el fin de invertir el mínimo tiempo posible en su transporte al área donde sean requeridos.

1.3.1. Conceptos de mantenimiento

El mantenimiento puede precisarse, en términos generales, como las normas y técnicas determinadas, destinadas a conservar maquinarias, equipo e instalaciones de cualquier índole, que proporcionen mejor rendimiento, durante su máximo tiempo posible. El propósito principal del mantenimiento es el mejoramiento del equipo y de la maquinaria.

Así mismo, la reducción de los costos de mantenimiento y el mejoramiento de ampliar el ciclo de vida de la maquinaria.

Actualmente, los mantenimientos son productivos, busca asegurar el funcionamiento de los servicios, mantener o incluso alargar la etapa de vida del equipo y maquinaria que utilizan en producción; todo esto conseguirlo sin elevar los costos.

Existen diferentes tipos de mantenimiento, que pueden ser aplicados según las actividades o ciclos productivos: mantenimiento preventivo, predictivo, en la administración de mantenimiento, ayudado por computadoras para un mantenimiento establecido, entre otros.

Cuando se dice mantenimiento es precisamente la actividad que conserva, en las condiciones óptimas, en la producción, a la maquinaria o equipo; es lógico suponer que responsabilidad del mantenimiento es tener en la mejor forma dicha fábrica.

1.3.2. Factores que influyen en el mantenimiento

Los más importantes, los que se deben tomar en cuenta al planificar el mantenimiento en una planta productiva son:

- Campo de aplicación: el mantenimiento varía dependiendo de la actividad productiva donde se realice.
- Ciclo productivo: el mantenimiento debe adaptarse a las necesidades y disponibilidades de tiempo dentro de las jornadas laborales.

- Optimización: tener la mayor disposición de la fábrica, utilizando eficientemente los recursos disponibles para ello.
- Conservación: mantener la calidad y cada uno de los valores de la fábrica evitando los daños.
- Costos: minimizar los costos generados por mantenimiento.
- Tiempo: cuidar que las ocupaciones de mantenimiento no afecten las actividades productivas; si hubiera mantenimiento correctivo, procurar emplear el mínimo tiempo con la máxima calidad.
- Seguridad: el personal de mantenimiento debe contar con el equipo de protección personal y adecuado; además, es su responsabilidad señalar correctamente las áreas, maquinarias o equipos que se encuentren en proceso de mantenimiento, seguir procedimientos de trabajo seguro; evaluar riesgos para evitar accidentes laborales.

1.3.3. Mantenimiento preventivo

Cada designación de mantenimiento proyectado; antes de que ocurran fallas, se verifican para prevenir fallas que se trabajan bajo la supervisión del sistema para mantener las maquinarias, áreas de maquinaria de mejores requisitos de desempeño. El mantenimiento preventivo parte del manual de mantenimiento; los fabricantes dan un límite para que se realice el mantenimiento según los manuales técnicos, presentan las siguientes características:

- Puede realizar cuando la maquinaria está en horas de ocio.

- Siguiendo la planificación elaborada, en la cual están detallados cada uno de los pasos que se deben realizar; también, contar con la herramienta y los repuestos a la mano.
- Tener la fecha planificada, con tiempo de comienzo y finalización donde esté la aprobación de la fábrica.
- La fábrica tiene los informes de todas las maquinarias y los repuestos de las que se les ha trabajado, así brindar la información de la misma.
- Cuenta con el presupuesto de la fábrica para el mantenimiento.

Es importante crear la preparación que tengan una confiabilidad un plan que mantenga sólida la potencia de administrar cada cumplimiento y sus respectivas responsabilidades de la fábrica y de los trabajadores.

En mantenimiento preventivo se tienen actividades como evaluaciones, reemplazos, inspecciones, entre otros. Cada se realiza por un periodo de un tiempo dirigido. Los mantenimientos preventivos podrán ser mejorados por mantenimientos predictivos. Conforme el tiempo, se tiene planificado el mantenimiento preventivo.

- Desarrollo de rutinas
 - En un procedimiento de mantenimiento, es necesario tanto la revisión como la inspección.
 - No es posible ofrecer revisiones sin interrumpir a los equipos para que no se dañen.

- Existen tareas asignadas para tener revisiones, limpieza en las piezas. Algunos de las importantes de mantenimiento preventivo son:

- Mantenimiento operativo
- Inspecciones
- Reconocimientos

- Rutina del mantenimiento operativo

La práctica del mantenimiento se realiza con mayor frecuencia es aquel mantenimiento que es realizado por las personas que trabajan la maquinaria. Este mantenimiento es más preciso, lo puede realizar la misma persona que maneja la maquinaria, no hay necesidad de solicitarle al encargo de mantenimiento que la revise constantemente.

- Rutina de inspecciones

Para analizar una inspección, el trabajador de mantenimiento se apoyará en cada programa de la inspección realizada. Haciendo esto sabrá la rutina que desempeña en la maquinaria dada.

Los trabajadores llevarán sus herramientas necesarias para realizar cada inspección: lubricaciones o limpiezas. Cada una se realizará en el tiempo de la inspección, para tener un buen funcionamiento de la maquinaria y equipo.

- Rutina de visitas

Esta práctica es más superficial, se puede realizar a las herramientas y equipos. En curso del funcionamiento de la maquinaria y sus partes se utilizan la ficha de seguimiento para supervisar por partes de la maquinaria, sin desarmar, solo quitando cubiertas para realizar su rutina de inspección, al mismo tiempo que se revisan las partes la limpieza se realiza sin tener la necesidad de llevar mayores herramientas.

Se revisa la maquinaria realizando funcionamientos; también, el personal tiene el sentido de ver anomalías en las mismas.

1.3.4. Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento tiene la finalidad de verificar cada defecto en las áreas, la maquinaria o el equipo durante su funcionamiento. Si se tienen fallas, los mantenimientos serian inútil, por lo que se tiene que estar a la espera de las fallas que presenten y para tomar las medidas a corregir los errores.

De acuerdo a la ocurrencia de la falla, el mantenimiento correctivo puede clasificarse en: no planificado y planificado. El no planificado es aquel que surge de emergencia, que debe efectuarse lo antes posible, por alguna de las fallas imprevistas que debe ser reparada inmediatamente, o por alguna razón de obligación que debe ser satisfecha, como cuando surgen problemas de seguridad, de contaminación o por la aplicación de nuevas normas.

El planificado se da cuando se conoce la posibilidad de una falla específica, por lo que se planifica el procedimiento y se provee del material

necesario para la reparación. El mantenimiento correctivo contiene los siguientes efectos:

- Paradas no pronosticadas a las actividades de producción; reduce horas de trabajo. Se presentan costos por la reparación, también, con los repuestos que no están en el presupuesto, que no entran en ello por falta de capital o recursos económicos.
- La planificación que se encuentran fuera de operaciones no es predecible.

Cuando se tiene el valor de rectificar una falla en manera planificada se marca de importante en el programa de producción. Si la falla en la parada imprevista, la reparación se realizará sin la planificación previa.

Por el contrario, los equipos pueden mantenerse, aunque se tenga una falla; se realizará la reparación en el momento más oportuno.

La distinción entre planificado y correctivo no planificado, perjudica, en primer lugar, la producción. No tiene el mismo daño en la producción, si se detiene de inmediato a que tenga un tiempo prolongado para su reacción, tanto el correctivo no programado es una situación peligrosa en el área de producción, por las obligaciones de ingresos y clientes; el correctivo programado es menos áspero con los clientes.

1.3.5. Control del mantenimiento

Para tener un mantenimiento se necesita de un control y de la administración. Hay algunas fases:

- Preparar los datos relacionados con cada una de los equipos y la maquinaria de la empresa. También, su historial para suponer los tiempos de reparación.
- Iniciar con el programa de revisiones de los equipos o componentes, las órdenes de las revisiones, respectivamente. La planificación llevará herramientas, normas para el trabajo que se realizará.
- Supervisar la realización de la planificación y añadir la información generada.
- Estudiar las revisiones; verificar cada comportamiento de los equipos para evaluar la posibilidad para fallas o roturas.
- Desarrollar una planificación de reparaciones uniendo los departamentos involucrados, como órdenes de repuestos, las órdenes de revisión; como el personal que la realizará, los repuestos y los materiales.
- Dirigir la ejecución de la planificación de repuestos adjuntando la información correspondiente para su ejecución.
- Analizar la actuación de los equipos.
- Preparar la información para tener una dirección de mantenimiento. Los datos se manifiestan de documentos anteriores. Se captan tiempos de descanso de los equipos, toda reparación realizada, la mano de obra y todos los trabajos que se realizaron en los talleres contratados.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para realizar la evaluación actual, es necesaria la observación y el análisis de la fábrica; lo cual permite agrupar y detallar sus cualidades para obtener una mejor percepción de la distribución de la maquinaria; en conjunto, da origen a la formulación de una propuesta de mejora.

Figura 5. **Entrada de taller de fábrica Marq Agros, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

2.1. Descripción general de las instalaciones

Las instalaciones actuales de la fábrica se encuentran en un terreno que cuenta con un espacio de 30 234 metros cuadrados y el área de construcción ocupa 9 800 metros cuadrados del terreno; dicha construcción está cimentada sobre un relleno de material compacto; el terreno está ubicado cerca del paso a la carretera interamericana.

El edificio está conformado por el área de producción y el área de oficinas administrativas. Además, tiene una extensión de parqueo, en los alrededores del edificio.

Labores que se realizarán:

- Corte y trabajo de materiales en cada banco.
- Fabricación de piezas y equipos.
- Fabricación de piezas mecanizadas en máquinas herramientas con especificaciones dadas.
- Tratamientos térmicos.
- Procesos básicos de soldadura.

Se tienen normas 5S para seguir con los lugares laborales:

- *Seiton*: orden
- *Seisou*: limpieza
- *Seiri*: organización
- *Seiketsu*: pulcritud
- *Shitsuke*: disciplina

Cada una de ellas tienen la disciplina para mantenerse bajo las reglas; entre ellas se tiene: reducir los errores realizarlos, cumplimientos que se tienen en el programa. Que cada supervisor y el operario se involucre en cómo cuidar la maquinaria o equipo, mediante el conocimiento para prevenir los daños y tener mejoras en su rendimiento.

Algunos pasos para el mantenimiento:

- Limpieza inicial de la planta
- Eliminar fuentes de contaminación identificadas
- Establecer programas de limpieza
- Programa supervisado para los equipos
- Realizar supervisiones en los trabajos
- Mantenimiento y monitoreo en los lugares de trabajo

Encontraremos las medidas que comprenden la seguridad, son:

- La limpieza y el orden dan seguridad
- Corregir las condiciones inseguras
- El utilizar la maquinaria sin ser autorizado por su supervisor
- Utilizar apropiadamente sus herramientas
- Utilizar equipo de protección establecido
- Dejar protecciones de seguridad para evitar daños y accidentes
- Todas las heridas requieren atención
- No realizar bromas cuando se trabaja
- No improvisar, cumplir con las normas o instrucciones
- Ser atentos al trabajo a realizar

2.1.1. Edificio

El edificio en donde se encuentra el área de producción y el área administrativa se puede clasificar de segunda categoría. La clasificación se debe a sus características de construcción, los materiales utilizados para el piso, techo, paredes, entre otros y los procesos productivos que se realizan.

2.1.1.1. Paredes

La edificación de las paredes es de rocablock con peso de 25 kilogramos, algunas paredes interiores también son de block. Debido al tipo de trabajo realizado en la fábrica, las paredes se encuentran en buen estado.

Figura 6. **Paredes de la fábrica**



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Piso

El piso en producción es de concreto de 5 000 psi y un espesor de 8 pulgadas; está diseñado para soportar altas cargas. Es por ello, que las máquinas no necesitan un cimiento especial al ser ubicadas dentro de la fábrica, lo cual, facilita el proceso de redistribución dentro del área de producción.

Figura 7. Piso de la fábrica



Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. Techo

El techo de toda la planta es de 2 aguas, está conformado por láminas termoacústicas calibre 24, las cuales están compuestas por una capa de aluminio gofrado, una capa de asfalto anticorrosivo y un alma de acero. Estas láminas tienen las siguientes propiedades:

- Aislamiento acústico: reducen el ruido
- Alto aislamiento térmico
- Mejoran la luminosidad
- Mayor resistencia

Las actividades no afectan en nada la durabilidad del techo por lo que el mantenimiento preventivo es suficiente para garantizar la función de este elemento.

Figura 8. Techo de la fábrica



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Iluminación

La iluminación está conformada, en parte, por luz natural a través de láminas transparentes; y otra parte, por electricidad, la cual es suministrada por la Empresa Eléctrica de Guatemala.

Esta debe ser de calidad para favorecer el buen desempeño de los trabajos minuciosos a realizarse dentro del área de producción, de acuerdo al grado de precisión que se requiera en los trabajos, así es la iluminación brindada en el área; por eso en algunas máquinas se ha adicionado iluminación directa.

- Plano actual de la distribución de luminarias

En la fábrica industrial la iluminación está compuesta por lámparas fluorescentes de 4*75 watts, es un total de 24 lámparas.

Cuanta con varios sectores: uno posee 13 lámparas y el siguiente sector 11 lámparas, asignadas en forma lineal en tres divisiones por sector a una altura de 3,18 m.

2.1.2.1. Iluminación natural

El techo del área de producción está conformado por una cantidad de láminas de policarbonato transparente, equivalente al 20 % del total de láminas que conforman el techo de la planta.

La iluminación natural disminuye en un 30 % en la energía eléctrica necesaria para la iluminación durante el día, disminuye su costo.

Figura 9. Iluminación natural



Fuente: elaboración propia.

La instalación de dichas láminas se realizó a principios de 2012, por lo que se encuentra en buenas condiciones; no requiere de mayor mantenimiento y son limpiadas constantemente para permitir una buena iluminación.

2.1.2.2. Iluminación artificial

La iluminación artificial está conformada por lámparas de tipo industrial de 250 watts. Dichas lámparas están divididas en producción, en una hilera de cada lado del techo a 2,5 metros del piso y a un metro del techo; aproximadamente 1,60 metros de áreas de trabajo.

Figura 10. **Lámpara**



Fuente: elaboración propia.

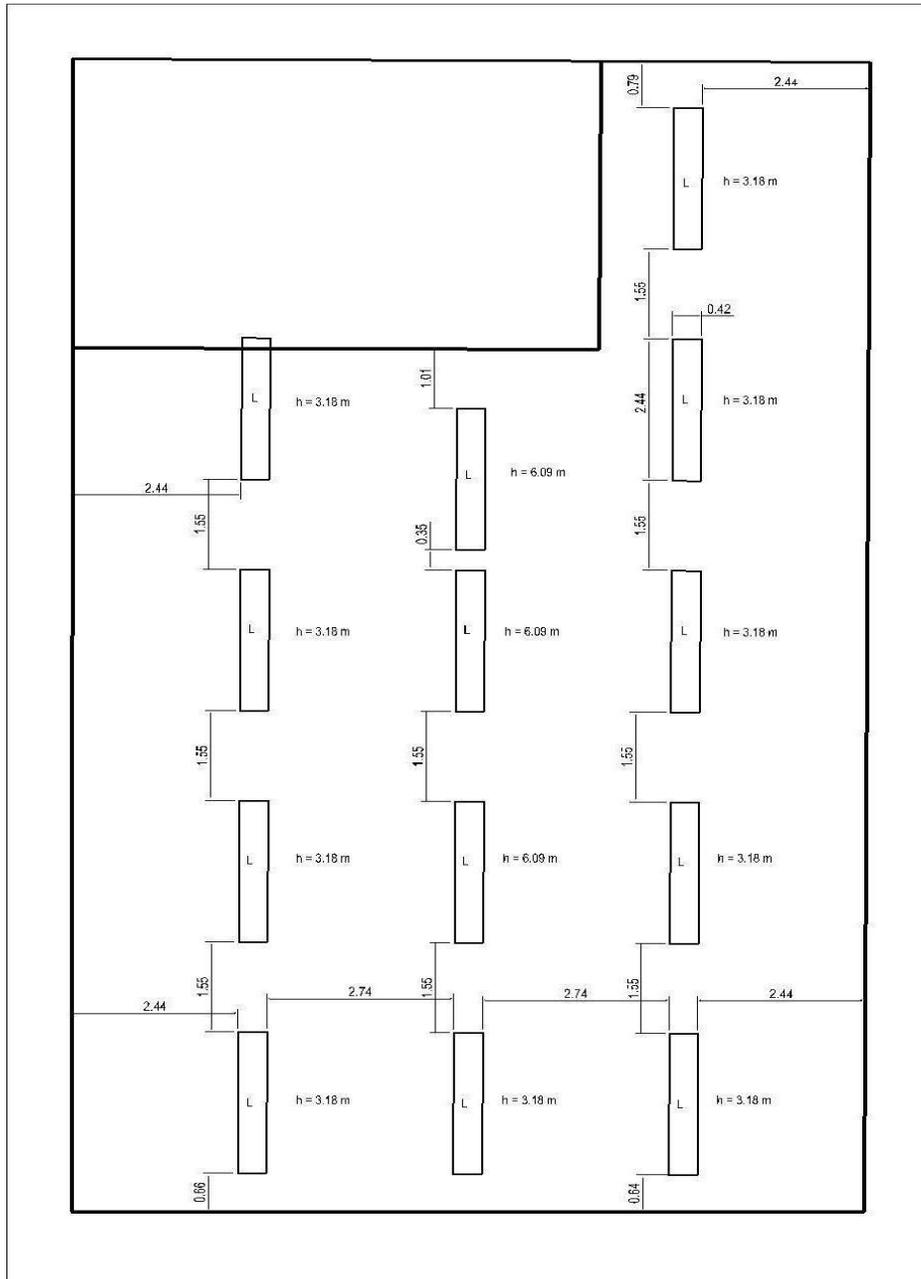
Debido a que son utilizadas en áreas de producción, para contribuir a una buena visión en el trabajo, se les realiza mantenimiento preventivo y correctivo.

Como parte del preventivo, se planifica una revisión periódica del estado físico de las lámparas y sus difusores. También, se incluyen mediciones a través de un luxómetro, con el objetivo de determinar si el flujo lumínico está dentro del rango requerido por el área de trabajo; aquí entra el mantenimiento correctivo: si la lectura es inferior a lo requerido, se procede a reparar o cambiar la lámpara y su difusor, según sea el caso.

Debido a las medidas mencionadas se concluye ya que el estado de las lámparas es óptimo. Sin embargo, en la iluminación general se han encontrado deficiencias, debido a la repartición de las luminarias en el área de trabajo.

Actualmente, este problema ha sido corregido agregando iluminación directa en cada área de trabajo, lo que puede suponer un mayor consumo de energía; pero como solo se utiliza cuando se está trabajando en esa máquina, en términos generales, no refleja un mayor incremento en el consumo de electricidad.

Figura 11. Distribución de lámparas del módulo uno



Nomenclatura: h= altura de lámparas, L= lámparas fluorescentes.

Las medidas están en metros

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

2.1.3. Ventilación

La ventilación en una fábrica de producción, puede ser natural, artificial o ambas. Para establecer la clase de ventilación que debe usarse, deben considerarse todos los factores dentro del edificio, que puedan afectar la calidad del aire. La cantidad de empleados dentro de un área, la temperatura, el tipo y la concentración de agentes contaminantes emitidos por la maquinaria, el número de maquinaria concentrada en un mismo lugar y los procesos productivos, que deben ser considerados.

2.1.3.1. Ventilación natural

La ventilación de la fábrica es natural. Tomando en cuenta el proceso productivo y la cantidad de empleados dentro del área de producción, se diseñó una ventilación natural que cuenta con cuatro ventanas de cada uno de los lados del edificio.

Figura 12. **Ventanas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3.2. Ventilación artificial

No se cuenta con ventilación artificial en la fábrica, dado que no se tienen ventiladores o aire acondicionado.

2.2. Descripción de la maquinaria y equipo que se utiliza

Para la elaboración de piezas industriales se tiene maquinaria como tornos, fresadoras, cepillos, taladros, soldadoras, soldadura de punto, barreno magnético, entre otros. Para conocer esta maquinaria, se describen a grandes rasgos, las características de algunas de ellas.

El taller industrial cuenta con variedad de maquinaria:

- Seis fresadoras: entre ellas dos mixtas, dos horizontales y dos universales
- Diez tornos paralelos
- Una sierra

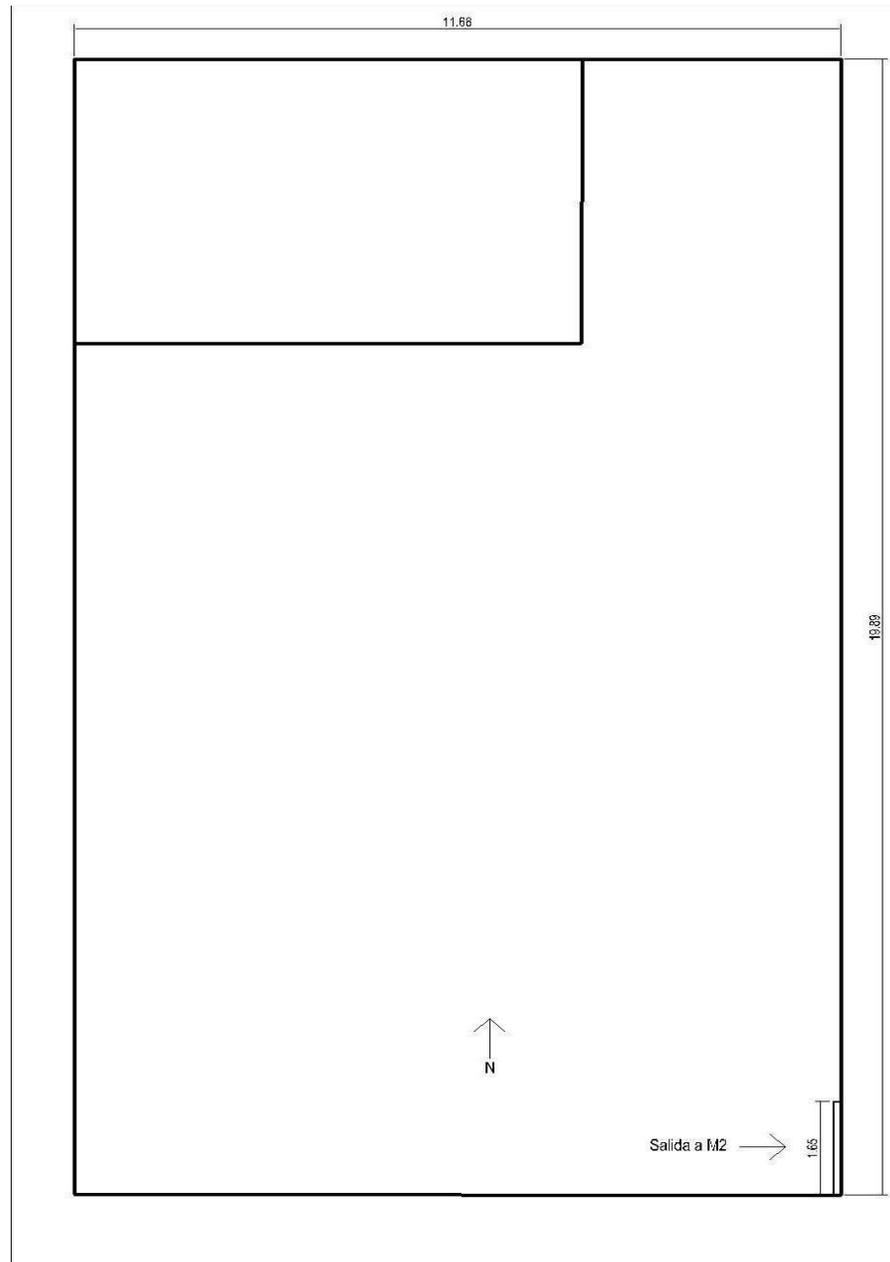
Las aplicaciones para la realización de las tareas en las máquinas dependiendo si desea cortar un material o si desea una sierra después de la maquinaria.

Si existen trabajos donde se necesita un esmeril los trabajadores se trasladan de lugar a otro.

Siguiendo con los planos y las características de áreas de la maquinaria.

Modulo uno.

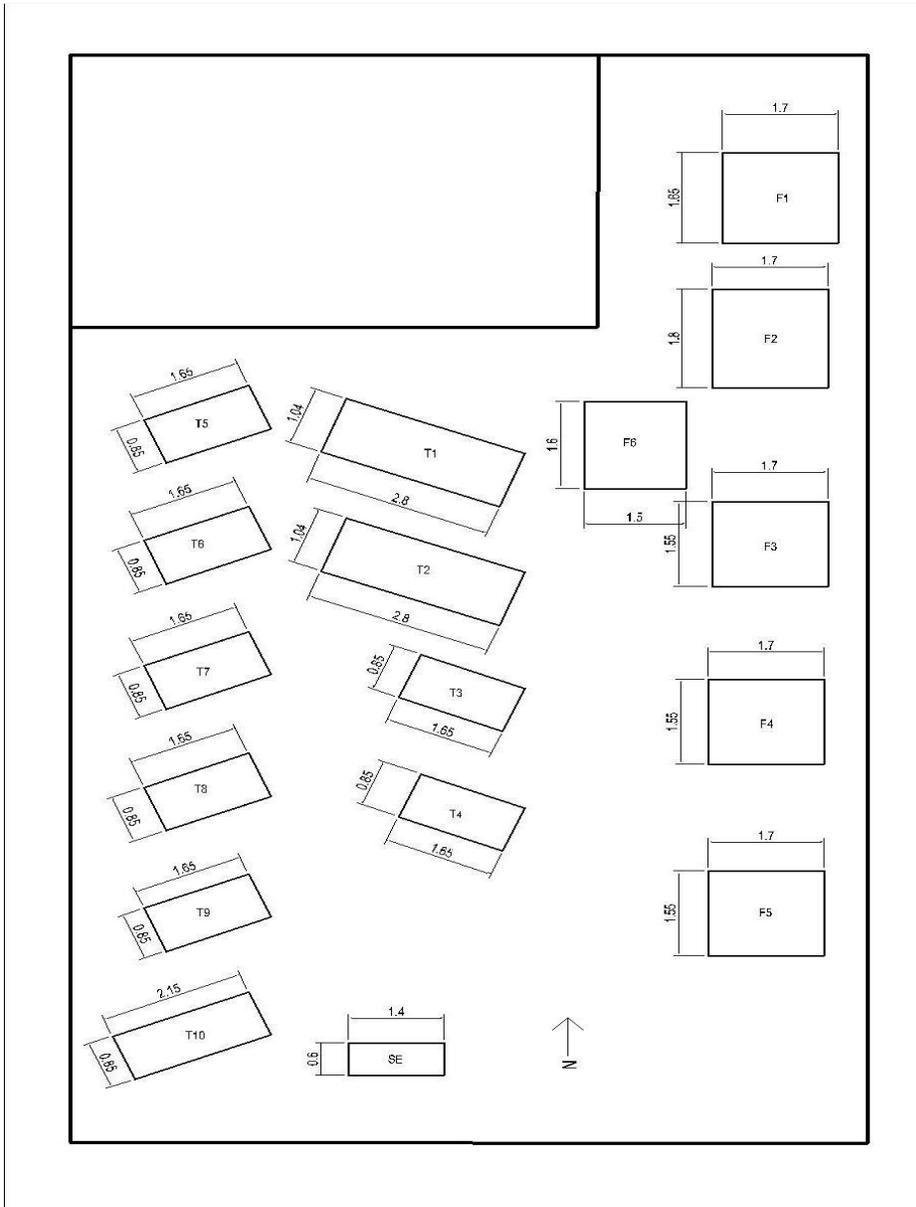
Figura 13. Dimensiones del módulo uno



Nomenclatura: M= módulo, N= norte.
Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Figura 14. Dimensiones de maquinaria y equipo en módulo uno

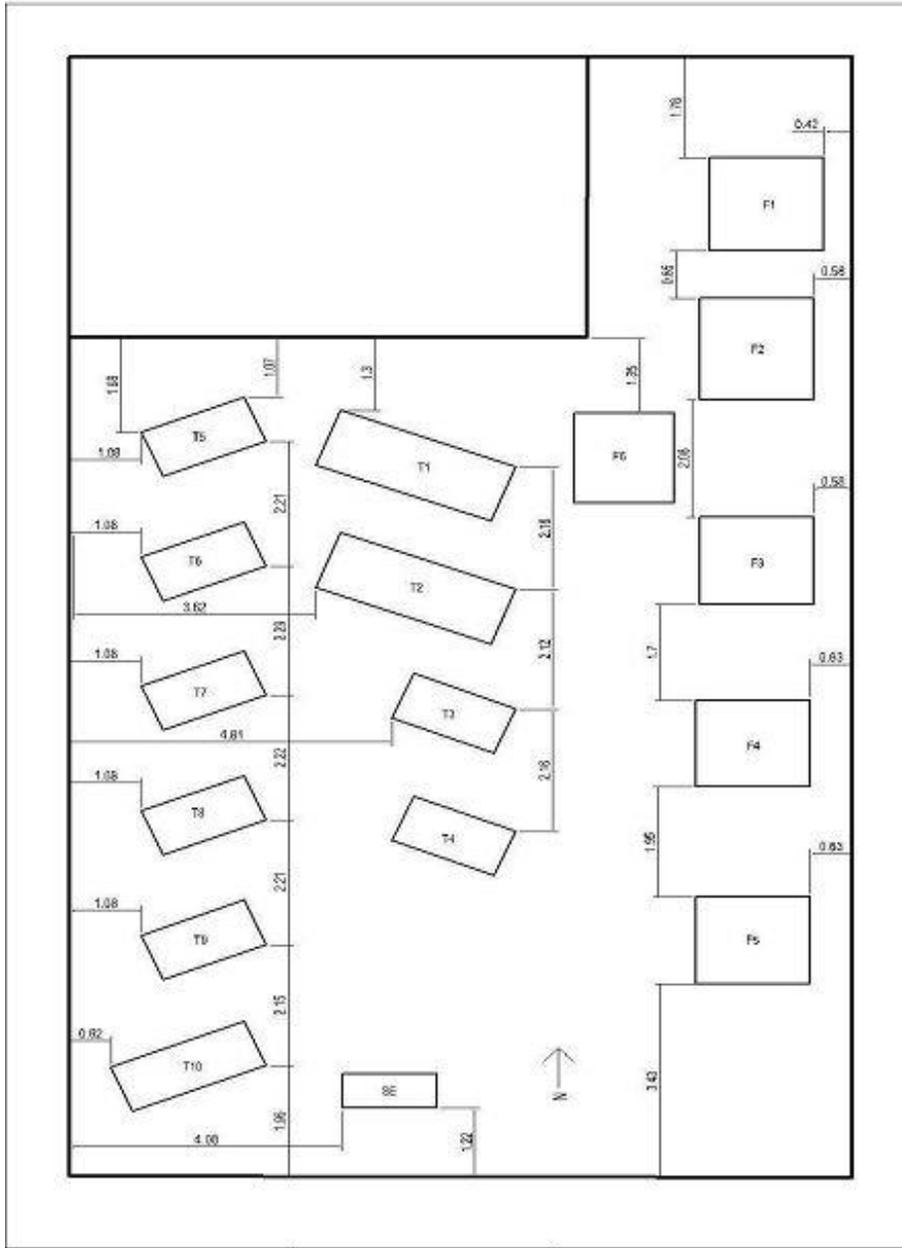


Nomenclatura: F= fresadora, T= torno, SE= Sierra Eléctrica.

Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Figura 15. Distancias entre máquinas y equipos en módulo uno



Nomenclatura: F= fresadora, T= torno, SE= sierra eléctrica.

Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

- Torno

Es la maquinaria más antigua, la cual está a una pieza de madera que tiene movimientos giratorios para realizar cortes y dar forma.

Las direcciones en las que se mueven son paralela y perpendicularmente, para obtener piezas de distintas formas como cónicas y cilíndricas.

Se utilizó un torno con las que pueden tener superficies lisas; estas también suelen realizarse en una fresadora, o para tener orificios en las piezas con el taladro.

- Torno paralelo

Este torno se utiliza para la elaboración de piezas tanto cilíndricas cónicas.

Es una máquina de mayor relevancia para la automatización de piezas de revolución, piezas cilíndricas y piezas cónicas. El proceso consiste en someter una pieza, a un movimiento de rotación. Mientras el torno sujeta la pieza y hace que gire; un útil la corta y le da la forma deseada que la velocidad, el grado de acabado, la profundidad de corte, entre otros.

Figura 16. **Torno uno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Torno dos**



Fuente: elaboración propia.

- Fresadora

Esta máquina se utiliza para realizar mecanizados por arranque de viruta, es limitado para piezas pequeñas, también, puede adaptarse para trabajar en estas piezas de cualquier magnitud.

El proceso consiste en arrancar las virutas de una pieza, mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte, llamada fresa, y que están dispuestos en forma circunferencial. Los filos tienen forma de cuña; el movimiento principal puede ser manual o automático.

En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta; permite obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

- Fresadora horizontal

Esencialmente consta de una bancada vertical, llamada cuerpo de la fresadora; a lo largo de una de cuyas caras se desliza una escuadra llamada ménsula, o consola; sobre la cual, a su vez, se mueve un carro porta mesa que soporta la mesa de trabajo, en la que se fija la pieza que se ha de fresar.

En la parte superior de la bancada están alojados los cojinetes, sobre los que gira el árbol o eje principal, que puede ir prolongado por un eje porta fresas.

- Fresadora mixta

En esta fresadora el husillo porta fresas es orientable en cualquier sentido; su posición se determina por medio de dos círculos graduados.

Figura 18. **Fresadora**



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Fresadora mixta**



Fuente: elaboración propia.

- Cepillo

El cepillo para metales tiene la finalidad de remover metal para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas; donde la pieza de trabajo se sujeta a una prensa de tornillo o directamente en la mesa.

Las cepilladoras tienen un el tipo de movimiento de su brazo o carro, éste es de vaivén; mientras que el movimiento para dar la profundidad del corte y avance se da por medio de la mesa de trabajo.

Esta es la mayor de las máquinas-herramientas de vaivén. Al contrario que en las perfiladoras, donde el útil se mueve sobre una pieza fija, la cepilladora mueve la pieza sobre un útil fijo. Después de cada vaivén, la pieza se mueve lateralmente para utilizar otra parte de la herramienta.

Al igual que la perfiladora, la cepilladora permite hacer cortes verticales, horizontales o diagonales. También, puede utilizar varios útiles a la vez para hacer varios cortes simultáneos.

Figura 20. **Cepillo**



Fuente: elaboración propia.

- Barreno y taladro

Se utiliza para realizar agujeros redondos en piezas metálicas y no metálicas, el barrenado o penetrado y el avellanado. En esta herramienta, el movimiento de corte es circular y corresponde a la broca; el movimiento de avance es rectilíneo y durante el proceso la pieza se mantiene en reposo sobre la mesa taladradora.

Figura 21. **Barreno y taladro**



Fuente: elaboración propia.

- Soldadura

Es el procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar.

- Soldadura por puntos

Esta soldadura se basa en el efecto Joule, consiste en que, al paso de una corriente eléctrica a través de un metal, se produce su calentamiento debido al calor generado por la resistencia que ofrece al paso de la corriente.

La soldadura se realiza colocando en unas pinzas dos electrodos enfrentados entre sí que presionan las planchas del metal a unir. La corriente se suministra a las piezas a través de los electrodos y durante un determinado

tiempo, produciéndose la fusión de la zona a soldar y quedando realizado el punto de soldadura.

- Soldadura oxiacetilénica

La soldadura por gas o con soplete utiliza el calor de la combustión de un gas o una mezcla gaseosa, que se aplica a las superficies de las piezas y a la varilla de metal de aportación.

Este sistema tiene la ventaja de ser portátil ya que no necesita conectarse a la corriente eléctrica. Según la mezcla gaseosa utilizada, se distingue entre soldadura oxiacetilénica (oxígeno/acetileno) y oxhídrica (oxígeno/hidrógeno), entre otras.

La soldadura oxiacetilénica es la forma más difundida de soldadura autógena. En este tipo de soldaduras no es necesario aporte de material, puede realizarse con material de aportación de la misma naturaleza que la del material base (soldadura homogénea) o de diferente material (heterogénea) y también sin aporte de material (soldadura autógena).

Si se van a unir dos chapas metálicas, se colocan una junto a la otra. Se procede a calentar rápidamente hasta el punto de fusión solo la unión y por fusión de ambos materiales se produce una costura.

Figura 22. **Soldadora**



Fuente: elaboración propia.

- Rectificadora

Son máquinas herramientas que permiten el trabajo de corte de finas partes de material de piezas después que estas han pasado por máquinas herramientas menos precisas.

- Rectificadora plana

Máquina herramienta provista de una muela para efectuar trabajo de rectificado de piezas. Una rectificadora está formada por una estructura rígida provista, una parte, de una mesa por la que se fija la pieza que se debe rectificar, o la

muela reguladora, caso de una rectificadora sin puntos y por otra, la broca de la muela rectificadora.

Además de un mecanismo de mando hidráulico que efectúa el movimiento de avance del mecanismo, es decir, la traslación alternativa de la pieza en relación con la muela, y el movimiento de penetración, perpendicular al anterior.

Figura 23. **Rectificadora plana**



Fuente: elaboración propia.

- La rectificadora universal

Es también conocida como afiladora universal. Es una máquina herramienta donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (muela abrasiva).

La pieza, que también está animada de un movimiento de rotación, posee el movimiento de avance y se desplaza siguiendo una trayectoria que le permite acabar piezas de revolución.

Es una máquina herramienta indicada para eliminar, por fricción, pequeños espesores de material en aquellas piezas previamente mecanizadas en otras máquinas herramientas y que tienen unas características de dureza, dimensiones, que no es posible terminar por arranque de viruta con herramientas de corte.

Figura 24. **Rectificadora universal**



Fuente: elaboración propia.

- Rectificadora cilíndrica

La denominación rectificadora cilíndrica cubre una gran cantidad de máquinas herramientas para rectificado, inclusive las que rectifican piezas de trabajo montadas entre centros; piezas de trabajo en extremo pesadas montadas entre chumaceras; rectificado sin centros y rectificado interior, ya sea con la pieza suelta en un mandril o en la forma de sujeción sin centros.

El rectificado es una operación que se efectúa, en general, con piezas ya trabajadas anteriormente por otras máquinas herramientas hasta dejar un pequeño exceso de metal respecto a la dimensión definitiva.

El rectificado tiene por objeto alcanzar en las dimensiones tolerancias muy estrictas y una elevada calidad de acabado superficial; se hace indispensable en el trabajo de los materiales duros o de las superficies endurecidas por tratamientos térmicos.

Figura 25. **Rectificadora cilíndrica.**



Fuente: elaboración propia.

- Hornos para tratamientos térmicos

Se caracterizan por los tratamientos de los materiales. Estos comprenden tener un control en los tiempos los cuales son, el calentamiento como temperaturas.

- Tratamientos térmicos

Son los procesos donde la utilización es el calor, lo cual hace variar las estructuras o los componentes químicos.

Su principal función es mejorar las propiedades de los materiales, donde se ven modificaciones en los componentes de la estructura. Estos calentamientos hacen la verificación en las estructuras y así mismo su velocidad para enfriará eso depende de los materiales que se utilizaran.

En el módulo dos se encuentran:

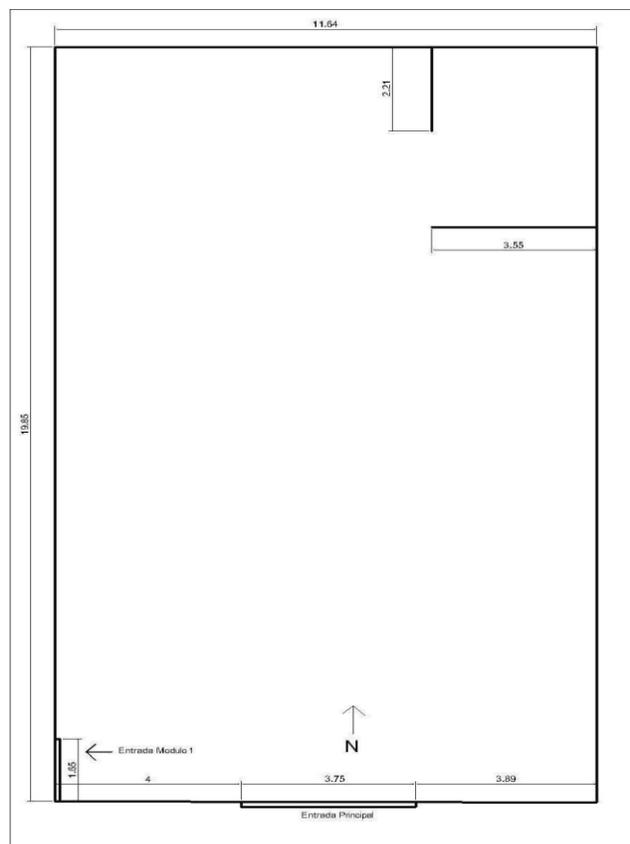
- Tres cepillos
- Una afiladora universal
- Una rectificadora
- Equipo para soldadura autógena
- Dos hornos para tratamientos térmicos
- Una prensa hidráulica

Además, existen 6 bancos de trabajo grande y 5 bancos de trabajo pequeño, un equipo de soldadura eléctrica, un banco de mármol y una mesa de mármol.

Las actividades que se realizan en el módulo se ejecutan en cada una de las aéreas de trabajo. Los esmeriles se ubican en un lugar distante de los cepillos y existen espacios disponibles para su reubicación. También, se tiene el

inconveniente de no contar con un área específica para las soldaduras eléctrica y oxiacetilénica. A continuación, se muestran los planos con las características físicas del área, de la maquinaria y de equipo que se encuentra en el módulo dos.

Figura 26. Dimensiones de módulo dos

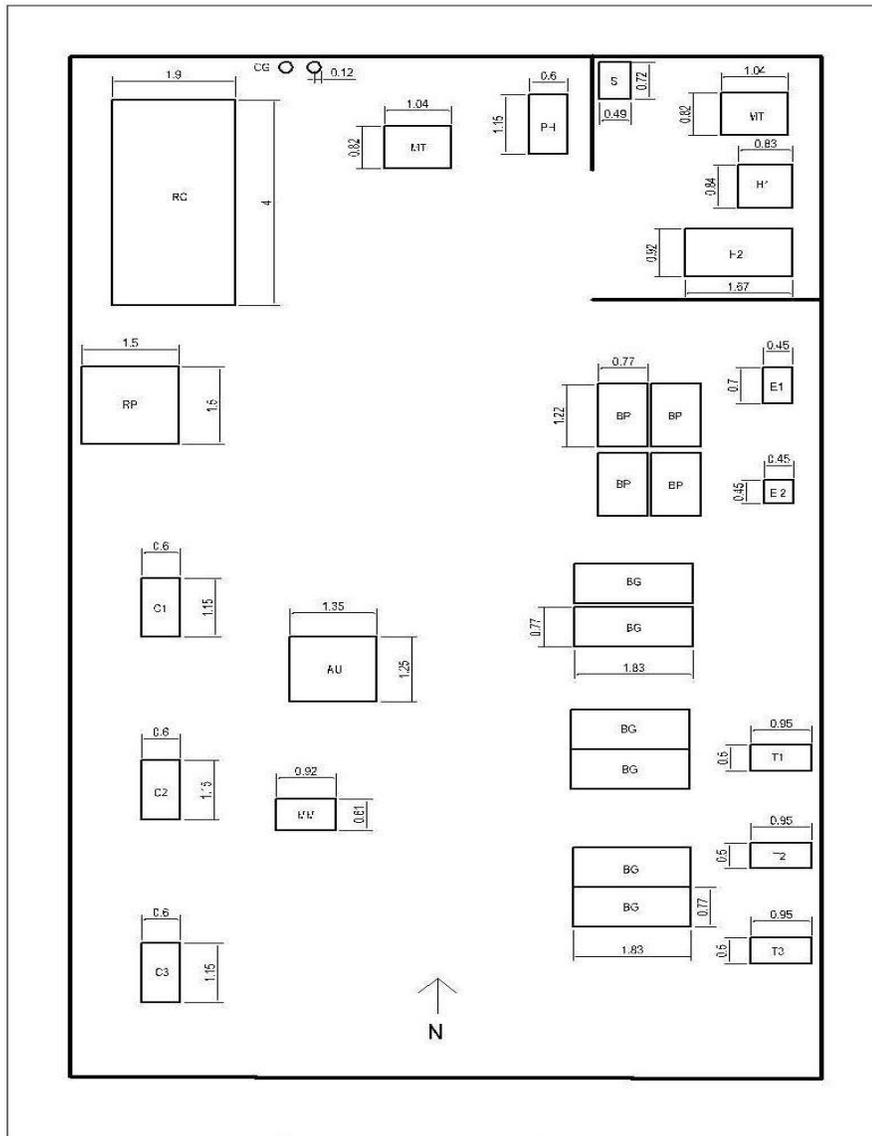


Nomenclatura: N= norte.

Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

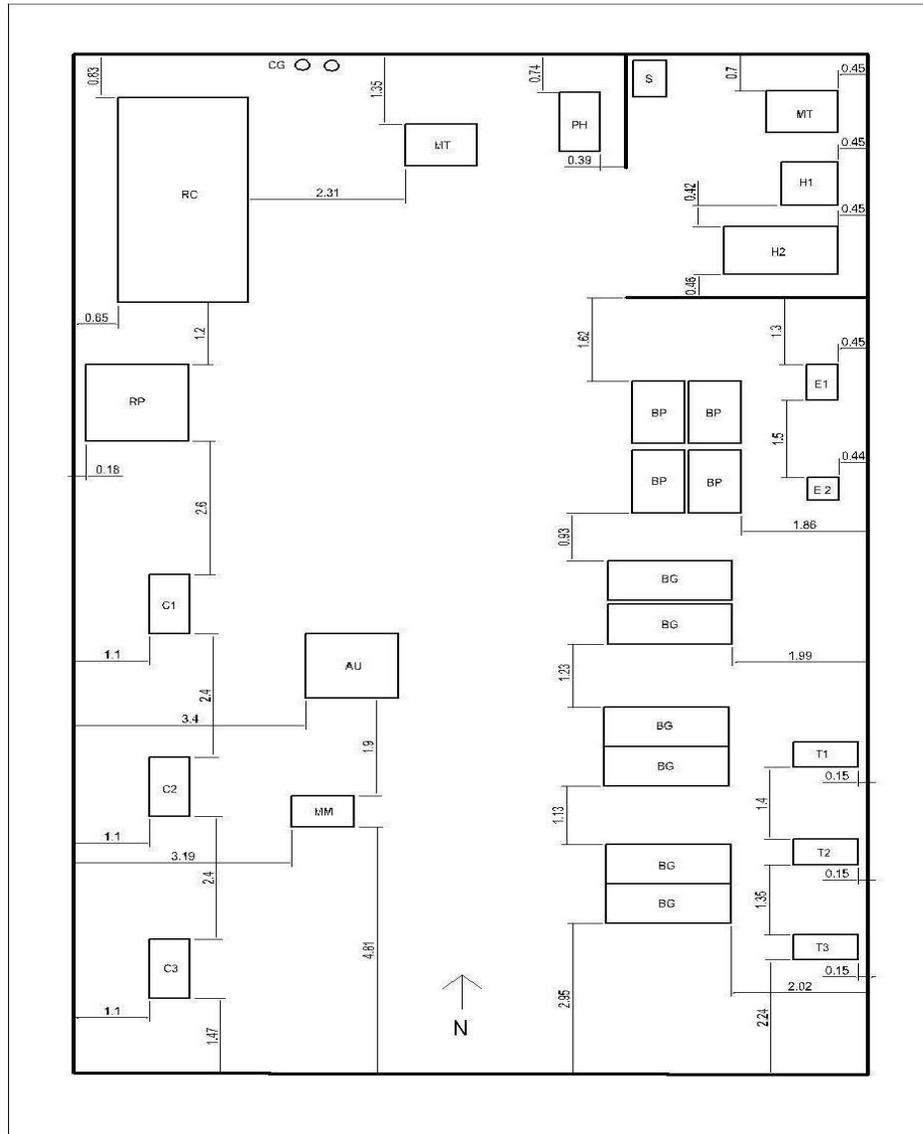
Figura 27. Dimensiones de máquinas y de equipos en módulo dos



Nomenclatura: AU= afiladora universal, BG= banco de trabajo grande, BP= banco de trabajo pequeño C= cepillo, CG= cilindros de gases industriales, E=esmeril, H=horno industrial, MM= mesa de mármol, MT=mesa de trabajo para soldadura, N=norte, PH=prensa hidráulica, RC= rectificadora de superficies cilíndricas, RP= rectificadora de superficies planas, S=soldadura eléctrica, T=taladro de columna. Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Figura 28. Distancias entre máquinas y equipos en el módulo dos



Nomenclatura: AU= afiladora universal, BG= banco de trabajo grande, BP= banco de trabajo pequeño C= cepillo, CG= cilindros de gases industriales, E=esmeril, H=horno industrial, MM= mesa de Mármol, MT=mesa de trabajo para soldadura, N=norte, PH=prensa hidráulica, RC= rectificadora de superficies cilíndricas, RP= rectificadora de superficies planas, S=soldadura eléctrica, T= taladro de columna. Las medidas están dadas en metros.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

2.2.1. Planos actuales de la distribución de maquinaria

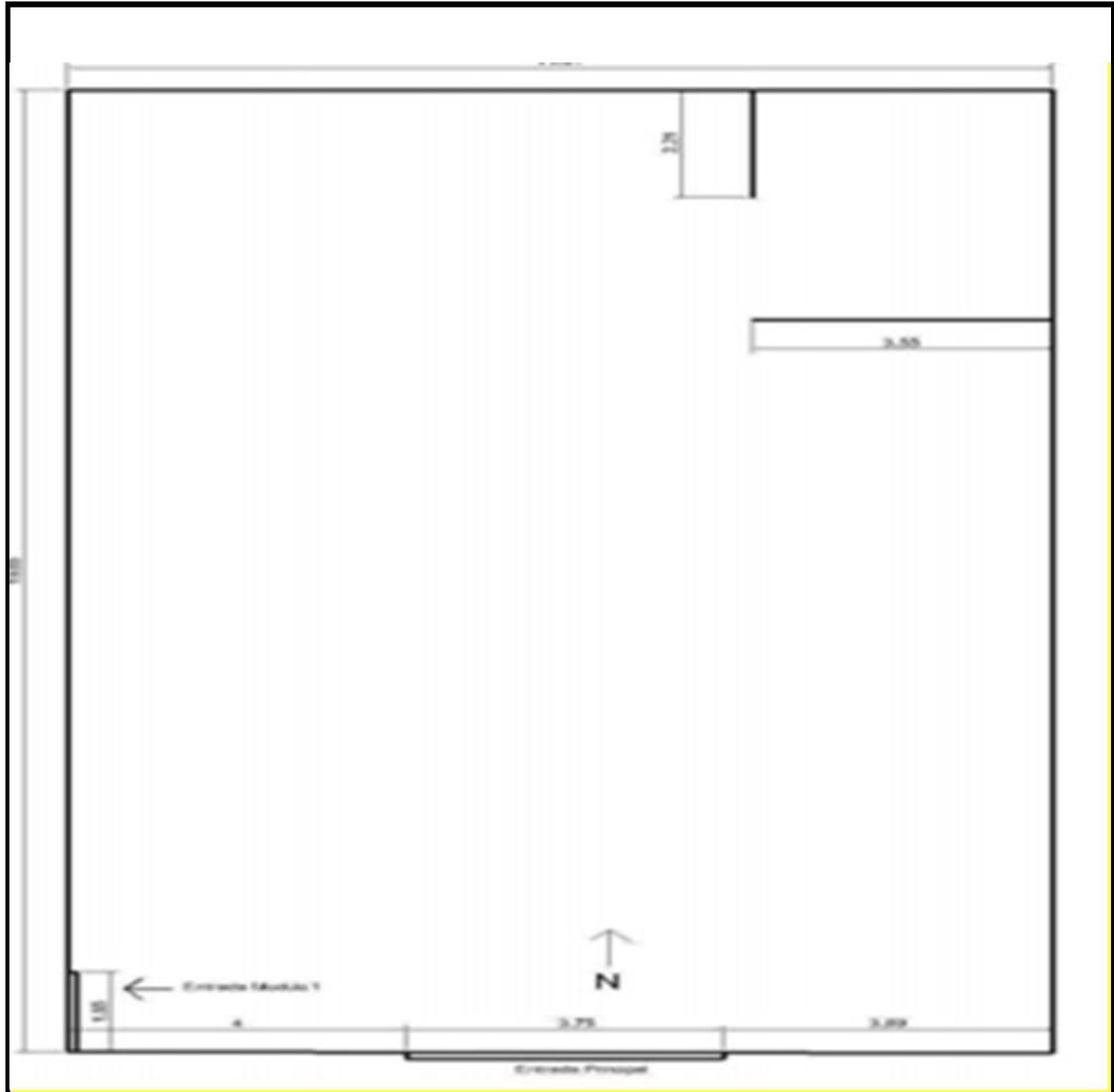
Los planos actuales de la distribución de maquinaria, se basan en el área de producción. Aunque no hay divisiones físicas (paredes), se pueden identificar tres subáreas: área de materia prima, la bodega de producto fabricado y la maquinaria de producción. Además, cuenta con una puerta que conecta al área administrativa, una puerta donde se encuentran las descargas y salida de personal.

La fábrica cuenta con la siguiente maquinaria para la fabricación de piezas industriales que debe ser redistribuida: 7 tornos, 5 fresadoras, 3 cepillos, 3 barrenos taladros, 6 soldadoras, 1 soldadora de punto y 1 barreno magnético. Estos son representados en el plano con figuras que contienen una letra para identificarlos y su posición; está de acuerdo a la posición real en la fábrica. El significado de cada letra y sus dimensiones son:

- T: torno, 7 tornos de 4 m x 1 m y 2 de 2 m x 1
- F: fresadora, 5 tornos de 2 m x 1
- C: cepillo, 3 cepillos de 1 m x 1,5 m
- B: barreno taladro, 3 barrenos taladro de 1,5 m x 1 m
- S: soldadora, 6 soldadoras de 1 m x 1 m
- s: soldadora de punto, 1 soldadora de punto de 1 m x 1 m
- Bm: barreno magnético, 1 barreno magnético de 2 m x 2 m

La distancia entre las máquinas de un mismo tipo, varía de 1,5 a 2,5 metros, para facilitar los traslados a cada área. La puerta dibujada al sur del plano es la que colinda con el área de administración, la primera puerta a la derecha del plano es la de carga y descarga y la segunda puerta a la derecha es la asignada para entrada y salida de personal.

Figura 29. Plano de distribución modulo dos



MARQ AGROS S.A.	Plano actual	Realizado por: Sergio López
Guatemala	Distribución de maquinaria	Revisado por: Ing. Jorge Marroquín
Fábrica de repuestos industriales	Área de producción	1

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

3. PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA

Tomando en cuenta que la mejora continua es un factor importante para el éxito de las empresas, se propone la definición de un área adecuada para la ubicación de la maquinaria y el equipo nuevo y una redistribución de la maquinaria existente. Lo anterior permite establecer una nueva área laboral, que facilite el flujo de actividades dentro del área de producción.

- Análisis del taller

El método de distribución de maquinaria en los dos módulos es señalado por el flujo de trabajo.

Una distribución por proceso es la que tiene funciones similares, se asocian en el taller de mecánica industrial, se tienen ordenados y señalizadas las maquinarias, según sus funciones o trabajos a realizar.

Las piezas mecánicas atraviesan por máquinas las que hacen las funciones de darle forma a la pieza. Cepillos, paralelos, fresadores y tornos.

Seguidamente, las piezas atraviesan a otras máquinas para que un arranque de porciones, fines de cada material, para que cumpla con las especificaciones requeridas.

Están las máquinas que tienen el arranque de porciones finas de los materiales; la rectificadora cilíndrica, rectificadora universal, rectificadora plana, esmeril de pedestal.

También, los procesos de mecánica de banco donde se elaboran los trabajos manuales de materiales con cada herramienta de banco, como esmeriles y taladrados para trabajar piezas irregulares y de tratamientos térmicos para modificar las propiedades de los materiales.

Los procesos son señalizados para mantener un orden en las funciones en el taller.

- Finalidad de la propuesta de redistribución de maquinaria

El objetivo de la propuesta de redistribución de maquinaria es estimar la ocasión de minimizar costos a través de la reducción de tiempos por transporte de materia prima y producto en proceso entre las diferentes máquinas que conforman la manufactura.

Se busca también un flujo de proceso que elimine cruce de materiales durante la producción, en minimizar riesgos de accidentes y demoras en el proceso.

Las dimensiones, en las cuales están distribuidos los departamentos y las líneas de producción, están establecidas por el flujo de trabajo existen tres formas: las distribuciones por proceso, por producto y posición fija.

Unas distribuciones por proceso tienen funciones similares y son asociadas, por ejemplo, en una fábrica de telas todos los telares se agrupan en un área y todas las estampadoras en otra.

De acuerdo con el orden estipulado de las operaciones, la parte que ya se trabajó se dirige a otra área, donde se encuentran, otras máquinas para seguir con las siguientes operaciones.

Una distribución por producto es un formato en que los procesos para la realización del producto, se arreglan mediante se desarrolla el mismo. Una línea de producción de zapatos es una distribución por producto.

En una distribución de posición fija, el producto se mantiene en un solo lugar. Las herramientas de fabricación son las que se trasladan a donde se encuentra el producto.

La línea de producción se asemeja a una distribución por proceso, debido a lo cual se hará uso de este método para determinar una distribución más eficiente.

3.1. Distribución del equipo y la maquinaria

Se puede percibir en los planos presentados con anterioridad que el ordenamiento del equipo y la maquinaria fue agrupado por tipos de máquinas. Sin embargo, el área no está ordenada, la distancia entre maquinarias es bastante variada y en algunos casos, esto entorpece la producción y no favorece al flujo de los procesos.

3.2. Redistribución de maquinaria y equipo

Como se mencionó anteriormente, una buena distribución de planta persigue dos intereses: una de carácter económico y otra de carácter social, los cuales pueden convertirse en los objetivos de una redistribución de

maquinaria:

- Aumentar la producción y reducir costos
- Brindar seguridad a los empleados y placer por el trabajo

En la fábrica se producen piezas industriales bajo pedido, lo que significa, que cada producto debe realizarse bajo características especiales para cada cliente y, por lo consiguiente, el tipo de producción es intermitente. Con base en este hecho, se propone realizar una distribución del equipo y maquinaria.

Al redistribuir la maquinaria y el equipo bajo este concepto, se busca agrupar las máquinas de un mismo tipo, de acuerdo a las operaciones que se deban realizar durante el proceso productivo. De esta forma elimina tiempos muertos, tiempos de ocio, desorden de áreas y favorece el flujo de producción.

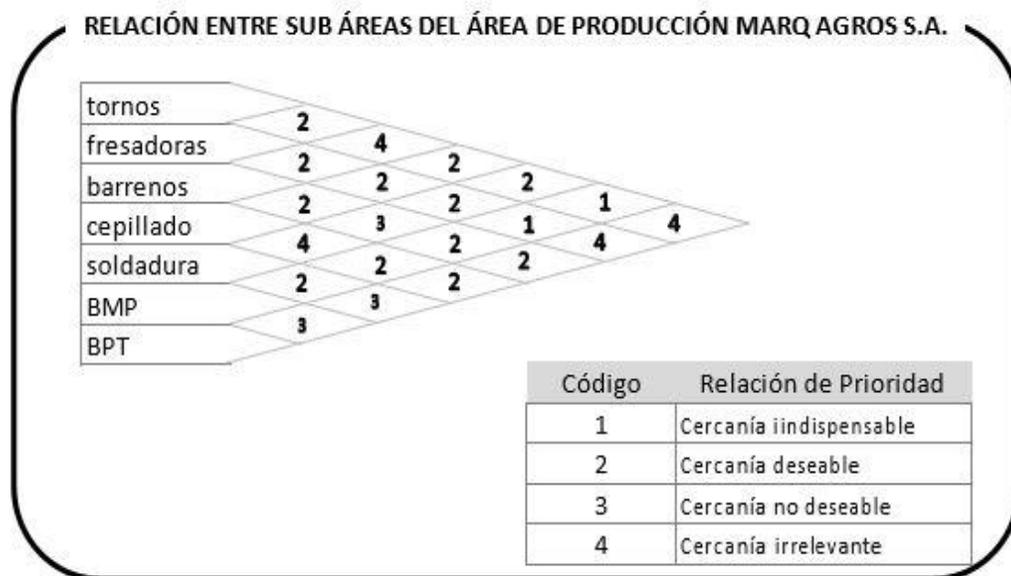
Para la redistribución se utiliza el método Layout, aunque es un método sencillo, se elabora según la relación de prioridad de cercanía deseada entre las subáreas del área de producción, que elimine los obstáculos que impidan un efectivo flujo del proceso productivo.

Generalmente, estos criterios se establecen con base en las necesidades detectadas en los procesos; es por eso que se requiere que los jefes de área y el encargado de la implementación estén presentes y trabajen conjuntamente a la hora de definir dichos criterios.

Algunos criterios de cercanía están basados en problemas detectados, por ejemplo, en el diagrama se observa que la bodega de producto terminado tiene una cercanía no deseable con la bodega de materia prima.

Esto sucede, al estar cerca, la puerta de acceso debe ser la misma y eso obstaculiza el proceso de entrega de pedidos por parte de proveedores y a la entrega de encomienda a clientes, cuando, tanto clientes como proveedores, llegan al mismo tiempo.

Figura 30. Diagrama Layout



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al diagrama, la cercanía entre las subáreas de tornos y fresadoras es deseable y que requieren cercanía indispensable con la bodega de materia prima; pero que la cercanía con la bodega de producto terminado es irrelevante. Además, en ambas la cercanía con las subáreas de soldadura y cepillado es deseable.

La cercanía entre las subáreas de barrenos y cepillado es deseable; al igual que la cercanía de ambas con la bodega de producto terminado y la

bodega de materias primas.

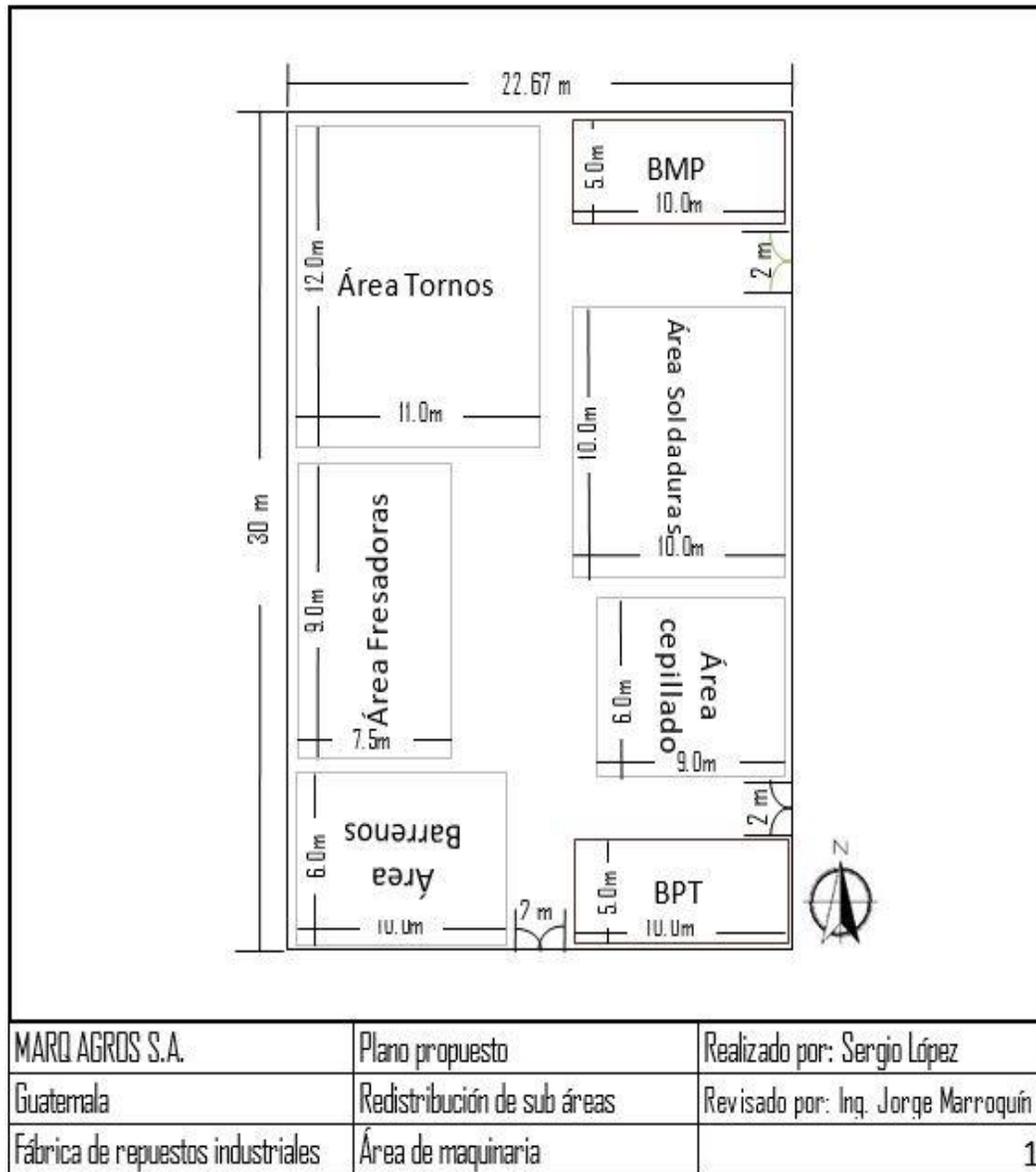
Todo el análisis de la relación de prioridad permite realizar la redistribución, pero los puntos más importantes o definen las cercanías indispensables y las cercanías no deseables.

En este caso, la cercanía indispensable está entre tornos y fresadoras con BMP; y las cercanías indeseables están entre soldadura y BMP con BPT y entre soldadura y barrenos.

3.2.1. Planos de la redistribución de maquinaria y equipo

Con base en el análisis del diagrama Layout, se realiza la siguiente distribución de subáreas del área de producción.

Figura 31. **Plano de distribución de subáreas propuesta**

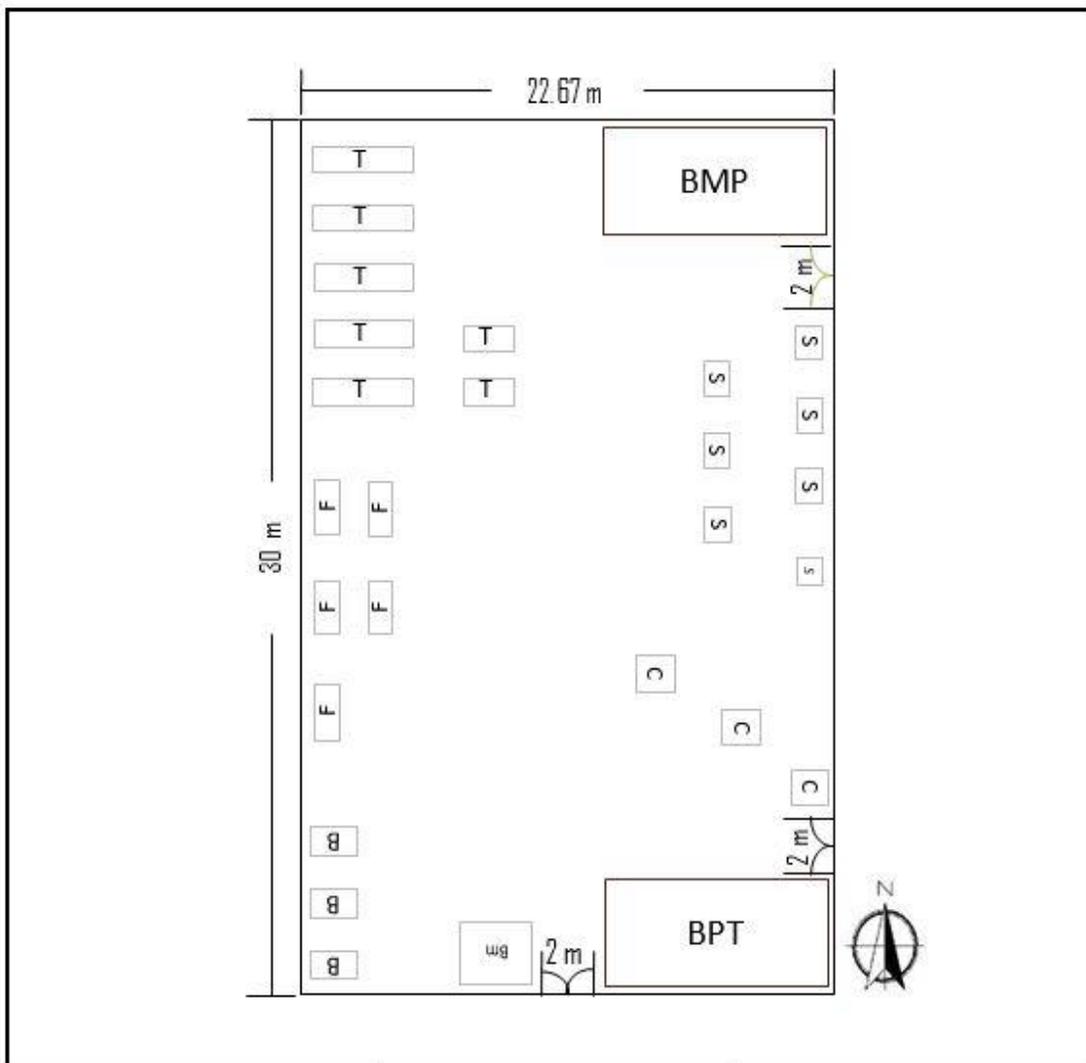


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

El plano que se presenta, contiene una redistribución de maquinaria

y equipo, para facilitar el flujo del proceso productivo.

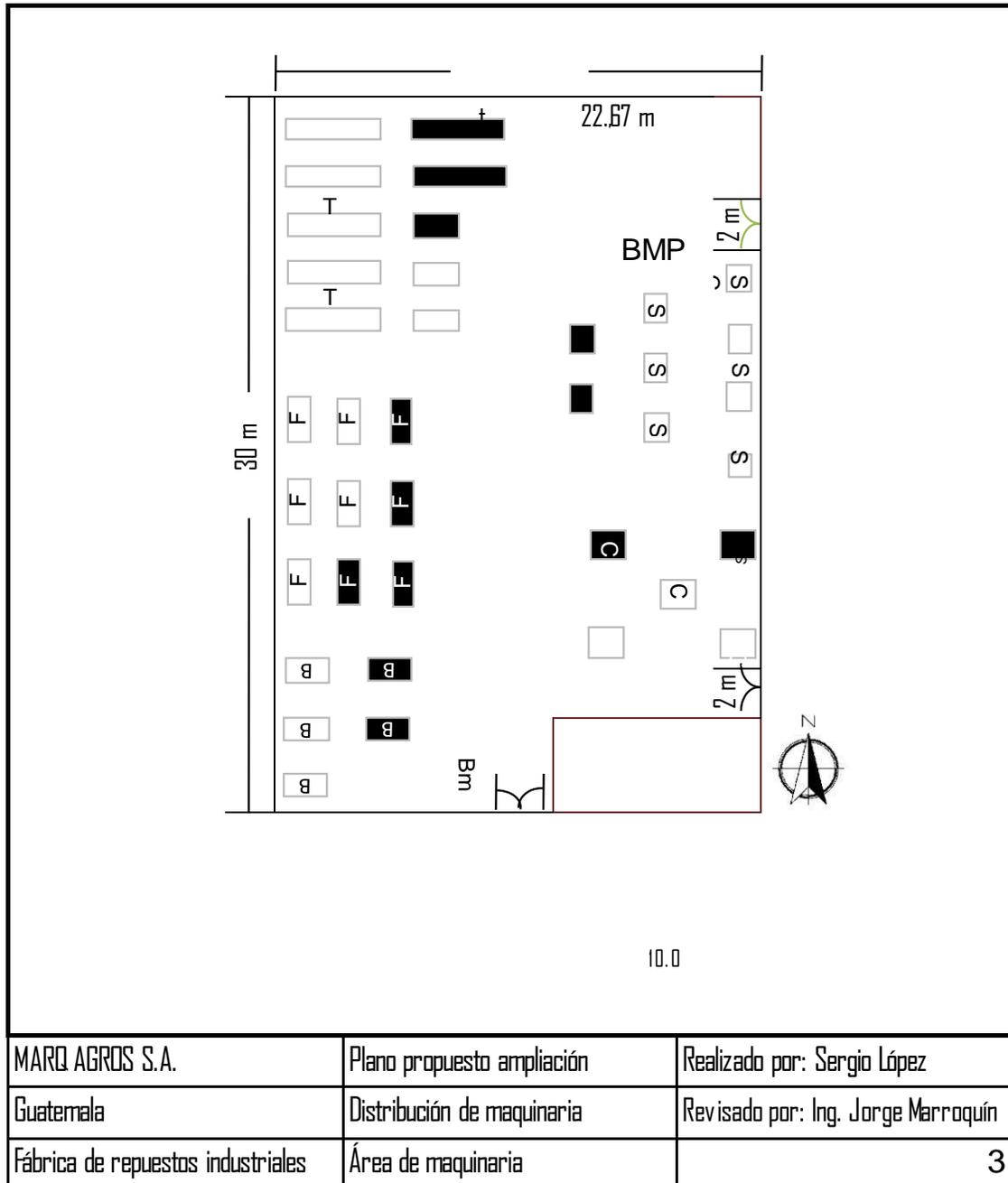
Figura 32. **Plano de distribución de maquinaria propuesta**



MARQ AGROS S.A.	Plano propuesto	Realizado por: Sergio López
Guatemala	Distribución de maquinaria	Revisado por: Ing. Jorge Marroquín
Fábrica de repuestos industriales	Área de maquinaria	2

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Figura 33. Plano de distribución prevista por expansión



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Las figuras en negro representan las máquinas que se pueden adquirir por expansión. Aunque la nomenclatura empleada para los planos de redistribución de maquinaria y equipo es la misma que la del plano presentado en el capítulo anterior; las características se resumen en la tabla siguiente.

Tabla I. **Características de planos propuestos**

Cantidad	Siglas	Descripción	Dimensiones (m)	Cantidad por expansión
5	T	Torno 1	4,0 x 1,0	2
2	T	Torno 2	2,0 x 1,0	1
5	F	Fresadora	2,0 x 1,0	4
3	C	Cepillo*	1,0 x 1,5	2
3	B	Barreno taladro	1,5 x 1,0	3
6	S	Soldadora*	1,1 x 1,1	2
1	<u>s</u>	Soldadora de punto	1,1 x 1,1	--
1	Bm	Barreno magnético	2,0 x 2,0	--
1	BMP	Bodega de materia prima	10,0 x 5,0	--
1	BPT	Bodega de producto terminado	10,0 x 5,0	--

Fuente: elaboración propia.

Con esta distribución, se deja prevista un área para ubicar 3 tornos, 3 fresadoras, 2 barrenos taladro, 2 cepillos y dos soldadoras, que puedan ser instaladas por expansión; en caso se adquiriera más maquinaria al aumentar la demanda.

Al redistribuir la maquinaria, se puede aprovechar para identificar las

máquinas y los equipos, asignándole a cada una un código. Esta actividad puede quedar bajo la responsabilidad del gerente general y llevarse a cabo, después de realizada la redistribución de maquinaria.

La finalidad de la identificación es contribuir al ordenamiento de la fábrica y facilitar la localización de la maquinaria para mantenimiento o inventarios.

En la siguiente tabla, se asigna una columna con la descripción de la maquinaria y el equipo disponible en la fábrica; otra columna para el código que se le asignará; y otra columna con el significado del código.

Tabla II. **Descripción de planos propuestos**

Descripción	Código	Significado
Torno 1	T1.1	T Es asignado por la inicial de torno
	T1.2	1. Este corresponde al torno grande tipo 1
	T1.3	
Fresadora	F1	F Es asignado por la inicial de fresadora
	F2	El último dígito corresponde al correlativo por posición
	F3	
Cepillo	C1	C Es asignado por la inicial de cepillo
	C2	El último dígito corresponde al correlativo por posición
	C3	
Barreno taladro	Bt1	B Es asignado por la inicial de barreno
	Bt2	t Es asignado por la inicial de taladro
Soldadora	S1	S es asignado por la inicial de soldadora
	S2	
	S3	

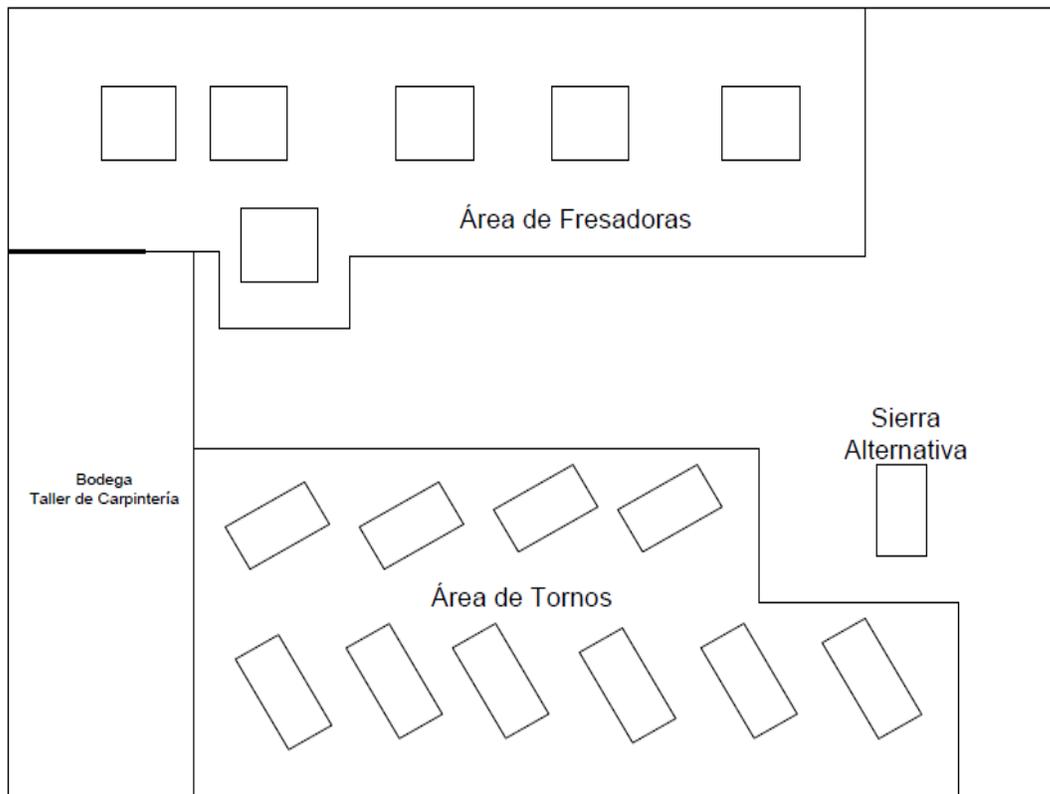
Fuente: elaboración propia.

- Distribución del equipo y de la maquinaria

La distribución de la maquinaria y el equipo de cada módulo en determinado taller industrial: donde se encuentran las fresadoras que se encuentran ordenadas en forma lineal.

Al frente del módulo se encuentra ubicada la sierra eléctrica; en el área de tornos se tiene un total de 10 tornos: 3 tornos grandes y 7 pequeños, ordenados en sucesión. En la figura siguiente se observa la distribución por áreas.

Figura 34. **Distribución en el módulo uno**



Fuente: elaboración propia.

La distribución del equipo y de la maquinaria en el módulo dos es de la siguiente forma: área taladros comprende 3 taladros de columna ordenados en serie, a continuación, se tiene el área de esmeriles, con dos esmeriles de pedestal.

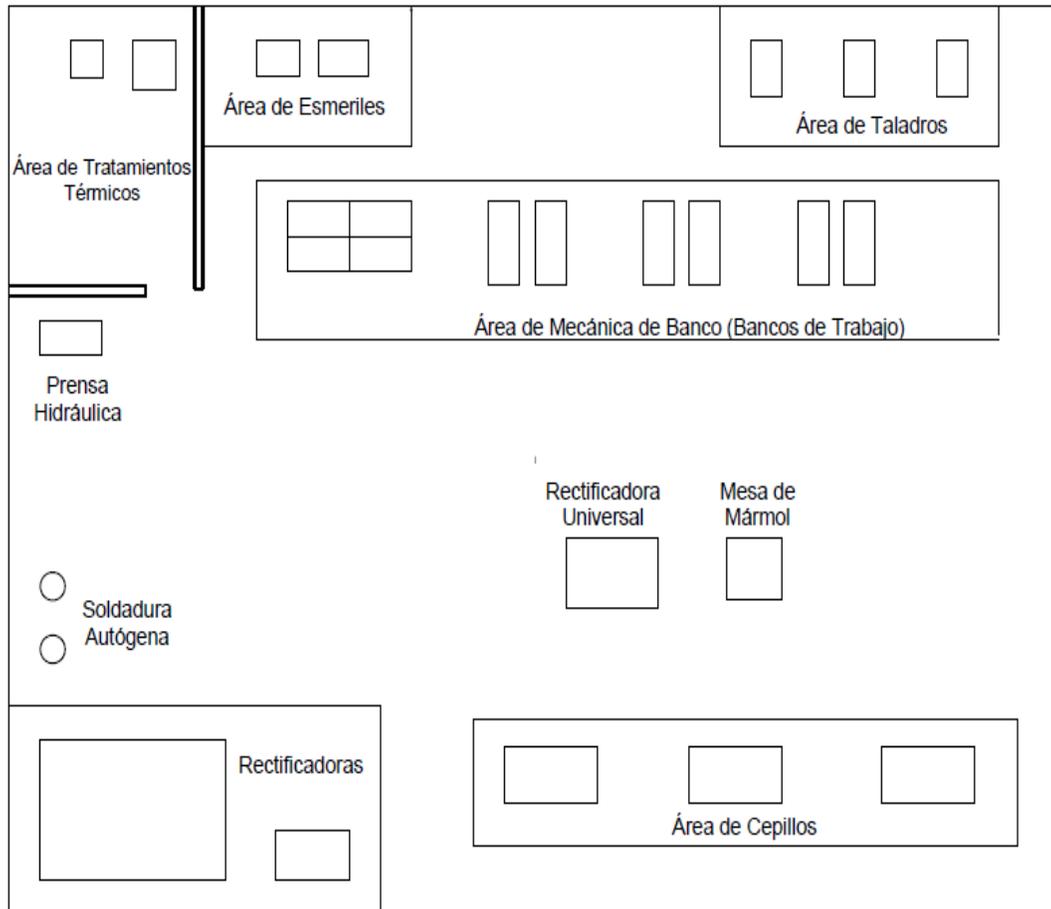
En el área de tratamientos térmicos se tienen dos hornos. A un costado del área de tratamientos térmicos se encuentra la prensa hidráulica. Además,

en el área de mecánica de banco se encuentran 6 bancos de trabajo grandes y 4 pequeños.

Al centro del módulo se encuentra ubicada la mesa de mármol y la afiladora universal.

En el área de cepillos se tienen 3 ordenados en serie, en el espacio de rectificadoras se encuentran ubicadas las rectificadora de superficies planas y rectificadora cilíndrica. Los cilindros de gases para la soldadura autógena se encuentran a la par de la rectificadora cilíndrica.

Figura 35. **Distribución en el módulo dos**



Fuente: elaboración propia.

- Rediseño de distribución de maquinaria y equipo

En el taller de mecánica industrial la mayoría de maquinaria y equipo que se tiene es de posición fija. Lo que se necesita mejorar en el taller es el aprovechamiento de los espacios que no se están utilizando y el ordenamiento de las áreas de trabajo para beneficio de los participantes.

Las modificaciones que se pretenden realizar tienen como objetivo mejorar cada actividad del taller de mecánica industrial. El provecho que se logra en minimizar la distancia y el tiempo de desplazamiento del personal de un área a otra se acelera con esto el crecimiento de las actividades en el taller.

En el módulo uno se repartirán dos esmeriles nuevos para facilitar el trabajo que se realiza, evitando que los participantes se desplazan al módulo dos para realizar estas funciones.

Se redistribuirá una fresadora para aprovechar el espacio que se encuentra entre los tornos y la sierra alternativa que se encuentran al centro del módulo uno.

El espacio dejado por la fresadora se aprovechará para el tránsito de los participantes, de los instructores y de las personas ajenas al taller.

En el módulo dos es necesario reubicar esmeriles porque están retirados de los cepillos, porque las operaciones se necesita su uso. Para minimizar las distancias donde actualmente se encuentran.

Los espacios que dejan los esmeriles se ubicarán la soldadura eléctrica de puntos y la oxiacetilénica. Se ubicará en el espacio del centro un cepillo del módulo dos.

- Estado actual de equipo y maquinaria

El estado actual de la maquinaria y el equipo en el taller de mecánica industrial es bueno ya que el equipo y la maquinaria pueden operar las cuales todas están en funcionamiento.

La maquinaria y el equipo cuentan con su respectivo manual de mantenimiento; se registran aspectos importantes de los equipos y de la maquinaria.

- Análisis del mantenimiento actual

Es responsabilidad del encargado o jefe del taller de mecánica industrial, el supervisor técnico; realiza los programas de mantenimiento para la maquinaria y los equipos: fechas, actividades, entre otros.

Toda maquinaria y equipo por el rendimiento constante genera daños capaces de brindar mantenimiento preventivo, cada uno debe ser identificado con el manual del mantenimiento y las reparaciones de la maquinaria para la inspección propia.

El mantenimiento que se efectúan actualmente cumple con los requisitos particulares referentes al mantenimiento preventivo y correctivo; lo que se percibe que no cuenta con informe de repuestos utilizados en cada mantenimiento que se realizó.

Es indispensable tener un informe detallado de repuestos para el momento que se necesitan para algún mantenimiento.

Con la creación del inventario se facilitarán los tiempos de reparación de los equipos. Así mismo, será de ayuda porque se evitarán retrasos para la elaboración de piezas en el taller.

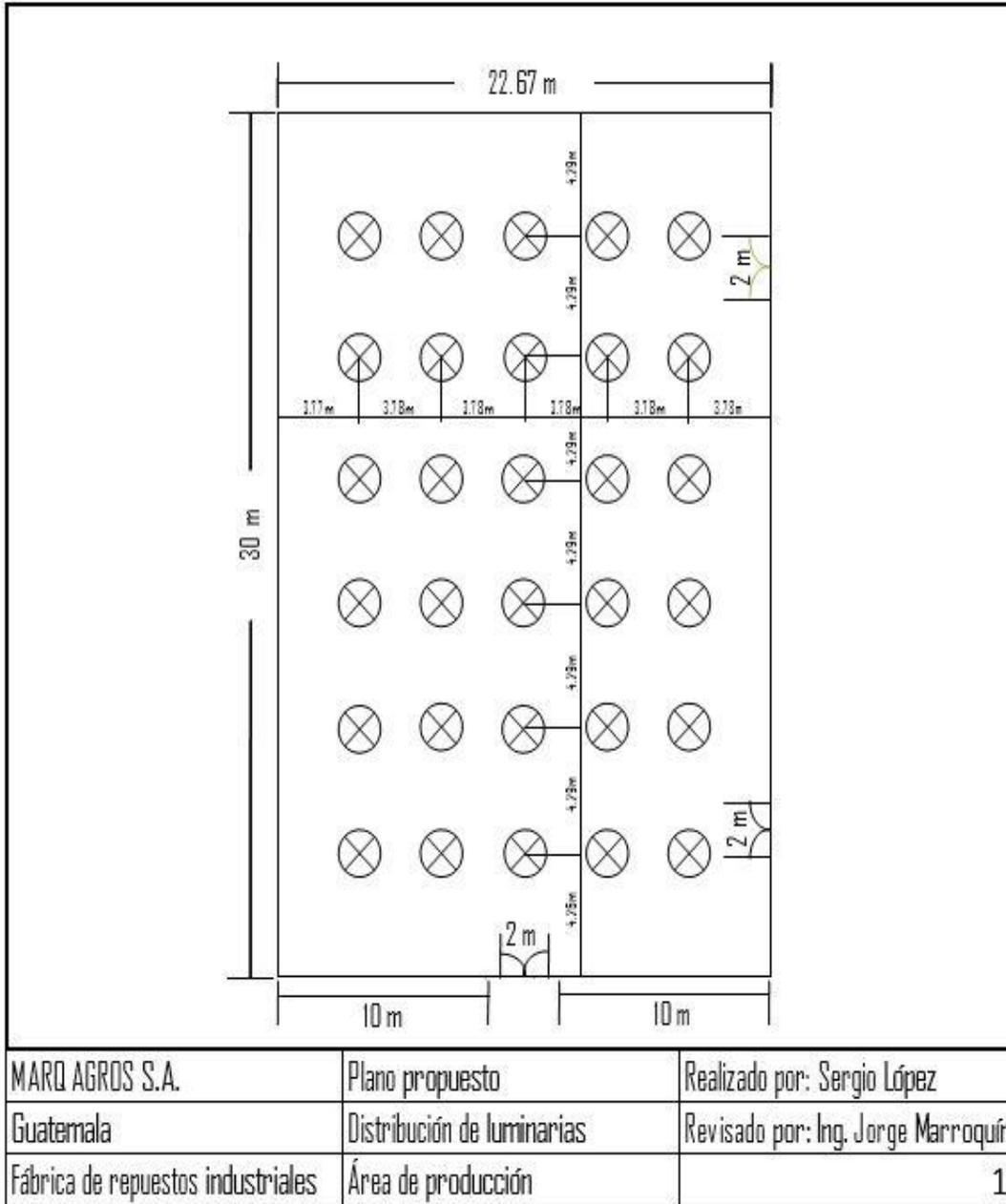
3.3. Planos de la redistribución de luminarias

La redistribución de luminarias se considera necesaria, porque se ha detectado cierta deficiencia en la iluminación artificial, cuando se utiliza durante los procesos productivos.

Esto afecta directamente la producción, ya que las piezas pueden salir con defectos, el acabado no es el apropiado y se pierde tiempo ya sea en componer la pieza, o hacerla nuevamente, que por consiguiente puede repercutir en los costos.

A continuación, se presentan los planos de la redistribución de luminarias, con las características apropiadas para las necesidades de la fábrica.

Figura 36. **Plano de redistribución de luminarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

3.3.1. Cálculo de lámparas en rediseño de iluminación

El cálculo de lámparas para el rediseño de iluminación está basado en el método de cavidad zonal; su uso está recomendado por la sociedad de ingeniería de iluminación IES, para los cálculos de iluminación interior. Este procedimiento, tiene como objetivo calcular el promedio de iluminación a través del espacio. Es aquella que se produce al reflejarse en toda la superficie; diferencian tres zonas o cavidades: que son:

- Cavidad del techo: se identifica con las siglas hcc, es el área medida desde el plano de las luminarias al techo. La luminaria es medida en el techo, no existe cavidad del techo. Para nuestros cálculos $hcc = 1,40$ m.
- Cavidad del local: se identifica con las siglas hca, es el espacio medido desde el plano de trabajo, donde se desarrollan las tareas productivas, hasta la parte inferior de las luminarias. Para nuestros cálculos $hca = 1,20$ m.
- Cavidad del piso: se identifica con las siglas hcp, este espacio se mide desde el piso hasta donde se realizan los trabajos necesarios especialmente. Para nuestros cálculos $hcp = 0,90$ m.

El procedimiento realizado para el cálculo de la luminaria, se describe a continuación, se resalta con gris, subraya los factores seleccionados para la resolución de este caso.

- De acuerdo a la descripción de las actividades productivas en la fábrica se procede a identificar el rango

Tabla III. **Descripción de las actividades productivas en la fábrica**

Talleres	Rango
Trabajo grueso	D
Trabajo medio	E
Trabajo fino	H

Fuente: elaboración propia.

- Se selecciona el coeficiente de reflexión para el cielo, pared y piso, de acuerdo al color de cada uno, para determinar la reflectancia.

Tabla IV. **Descripción de las actividades productivas en la fábrica**

Zona	Color	Coeficiente de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Pared	Blanco o muy claro	0,5
	Claro	0,3
	Medio	0,1
Piso	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: elaboración propia.

Techo_____0,5= 50 % = Pc

Pared_____0,5= 50 % = Pp

Piso_____0,3= 30 % = Pf

Reflectancia = $(Pc+Pp+Pf)/3 = 130/3 = 43,33\%$

- Con el cálculo de la reflectancia se completa la información para determinar la ponderación de los factores de peso. Que para este caso se refieren a la edad promedio de los trabajadores de la fábrica, la velocidad o exactitud necesaria en las actividades productivas y reflectancia de los alrededores del área de producción.

Tabla V. **Factores de peso para el área de producción**

Factores de peso	-1	0	1
Edad	< 40	40 – 50	> 55
Velocidad o exactitud	No importa	Importante	Crítico
Reflectancia alrededores	> 70 %	30 % - 70 %	< 30 %

Fuente: elaboración propia.

- De acuerdo al rango identificado E y con un valor de -1, se establece que el valor de en medio del rango de iluminación, es el adecuado para este caso.

Tabla VI. Rango en luxes

Rango	Rango en luxes	Descripción
E	500-750-1 000	Trabajos de contraste o tamaño pequeño. Trabajos moderadamente difíciles de montaje o banco.

Fuente: elaboración propia.

- Con las medidas del área de producción se debe determinar la altura de instalación ideal de las lámparas con la siguiente fórmula.

$$H \text{ óptimo} = 4/5 (h' - 0,90)m = 4/5(3,5 - 0,90)m = 2,08m \approx 2,10$$

La altura del local medida del piso al techo correspondiente a 3,5 metros; 0,90 metros es el valor promedio medido del piso a las diferentes áreas de trabajo asumido.

- Se deben determinar las relaciones de cavidad de zonal según las dimensiones del área de producción.

$$Rca = \frac{5 * Hca * (L + A)}{(L * A)} = \frac{5 * 1,2m * (30 + 22,67)m}{(30 * 22,67)m} = 0,4647$$

$$Rcp = \frac{5 * Hcp * (L + A)}{(L * A)} = \frac{5 * 0,9m * (30 + 22,67)m}{(30 * 22,67)m} = 0,3480$$

$$R_{cc} = \frac{5 * H_{cc} * (L+A)}{(L * A)} = \frac{5 * 1,4m * (30+22,67)m}{(30 * 22,67)m} = 0,5421$$

En donde: Hca es la altura medida del área de trabajo a la luminaria, Hcp es la altura medida del área de trabajo al piso, Hcc es la altura medida de la luminaria al techo, L es el largo del área de producción y A es el ancho del área de producción.

- Con la información anterior, se busca la reflectancia efectiva de cavidad de piso en la tabla de reflectancia; las cuales se han agregado en el anexo 1 y se obtiene un valor de Pcc.

Datos:	Por interpolación
$P_f = 30$	} $P_{cc} = 29$
$P_p = 50$	
$R_{cp} = 0,3480$	

- Ahora se procede a buscar el coeficiente de utilización K en la tabla del anexo 2 entre los datos del tipo A.

Datos:	Por interpolación
$P_{cc} = 29$	} $K = 0,76$
$P_p = 50$	
$R_{ca} = 0,4647$	

- Se calcula el flujo lumínico con base en el área, la intensidad lumínica deseada, el factor de mantenimiento y el coeficiente de

utilización K.

$$\varnothing = (\text{área} * \text{intensidad lumínica}) / (\text{factor de mantenimiento} * k)$$

$$\varnothing = (680,1 * 750) / (0,91 * 0,88) = 636\ 956,79 \text{ lux}$$

- Luego se calcula la cantidad de lámparas necesarias NL, el área cubierta por este número de lámparas AC, el espaciamiento entre lámparas E y el número de lámparas a lo largo NLL y ancho NLA del área de producción.
 - NL = $\varnothing / (\text{potencia de lámpara} * 80)$
 - NL = $636\ 956,79 / (250 * 80) = 31,85 \approx 32$ lámparas
 - AC = $\text{área} / \text{NL} = (30 * 22,67) / 32 = 21,25$
 - E = $\sqrt{\text{AC}} = \sqrt{21,25} = 4,61$
 - NLL = $\text{largo} / E = (30) / 4,61 = 6,51 \approx 6$
 - NLL = $\text{ancho} / E = (22,67) / 4,61 = 4,91 \approx 5$

Conforme a estos cálculos, se dibujó el plano de la figura 15.

3.3.2. Análisis de la seguridad actual

La seguridad industrial en la fábrica atiende las normas indispensables. Donde hay señalizaciones de las áreas, las franjas amarillas en el suelo. Todo esto por seguridad a las personas ajenas a la fábrica.

El área está identificada por nombres de cada equipo para contar con la protección necesaria.

3.4. Análisis financiero del rediseño de distribución de maquinaria y, equipo en los talleres

El costo económico del rediseño de distribución es importante para tomar la decisión de implementarlo.

- Análisis financiero en el taller de mecánica industrial

Para realizar el rediseño de distribución de maquinaria se tendrían los siguientes costos:

Tabla VII. **Costos de rediseño de distribución**

Distribución o redistribución de máquinas o equipos	No.	Costo	Instalación eléctrica	Costo	Costo Total
Esmeriles nuevos	2	6 000,00	Materiales e instalación	400	6 400,00
Esmeriles	2		Materiales e instalación	400	400
Fresadora	1		Materiales e instalación	500	500
Costo total					7 300,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de realizar el rediseño de distribución es Q. 7 300,00. Hay que tomar en cuenta que al realizar la cimentación de las máquinas nuevas y redistribuidas en el lugar asignado en la propuesta el costo no se menciona ya que la institución tiene apoyo del taller de albañilería que proporcionará la mano de obra y el material necesario para efectuarla.

- Análisis financiero del rediseño de iluminación propuesta

Se realizó el cálculo de lámparas de la nueva iluminación por medio del método de cavidad zonal. Este método toma en cuenta las actividades que se realizan, la exactitud que se requiere en el trabajo y la reflectancia de las paredes del edificio.

Al hacer la operación por medio del método de cavidad zonal y teniendo las características de las lámparas de descarga de mercurio con una potencia de 400 watts, se concluyó que se requieren 30 lámparas.

Tabla VIII. **Costos de rediseño de iluminación**

Recursos	No.	Costo c/u	Costo
Lámpara de descarga de mercurio HID	30	380	11 400
Materiales y accesorios		700	700
Instalación		2 250	2 250
Costo total			14 350

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la implementación del rediseño de iluminación es de Q.14 350,00. La ventaja de implementar esta iluminación es que esta mejorará las actividades en el taller, hará más segura el área de trabajo y una mejor concentración de los estudiantes.

Tabla IX. **Costos de rediseño de distribución**

Distribución o redistribución de máquina o equipo	No.	Costo	Instalación eléctrica	Costo	Total
Taladro de columna	1	22 000	Materiales e instalación	400	22 400

Fuente: elaboración propia.

El costo de realizar el rediseño de distribución es Q. 22 400,00. Para realizar la cimentación de la máquina el costo no se indica por que la institución tiene apoyo del taller de albañilería que proporcionará la mano de obra y el material necesario para efectuarla.

- **Análisis financiero del rediseño de iluminación propuesta**

Se realizó el cálculo de lámparas de la nueva iluminación por medio del método de cavidad zonal. Este método toma en cuenta las actividades que se realizan, la exactitud que se requiere en el trabajo y la reflectancia de las paredes del edificio.

El cálculo con el método anterior se presenta más adelante en el capítulo cuatro. Por el momento solo se estudiará la cantidad necesaria de lámparas para el estudio de costos.

Al hacer el cálculo por medio del método de cavidad zonal y teniendo las características de las lámparas de alta descarga de mercurio HID, se concluyó que se requieren 16 lámparas para el área de enderezado y 9 lámparas para el anexo del taller.

3.5. Evaluación de las opciones

El método de distribución por proceso establece que la mejor opción es aquella que representa un manejo de materiales con el menor costo; evidentemente en el estudio realizado se observa que la segunda alternativa es la que presenta el costo más bajo entre las dos opciones, debido a lo cual se concluye que la segunda alternativa es la que se presentará como propuesta final.

- Presentación de la mejor opción

Se presenta la redistribución de maquinaria propuesta para la línea de producción, la cual puede ayudar a reducir los costos de los materiales, así como a optimizar los espacios disponibles; también, puede reducir riesgos de accidentes por el cruce de operaciones, además de evitar la contaminación cruzada.

- Instalaciones eléctricas, neumáticas y de agua para la maquinaria que se reubicará.

A continuación, se presentan cuadros en los cuales se enumeran los diferentes materiales y las cantidades necesarias para la reubicación de las máquinas.

- Instalaciones eléctricas

En las instalaciones eléctricas de las máquinas que se reubicarán se necesitarán diferentes materiales, estos son:

Tabla X. **Materiales eléctricos**

Material	Cantidad
Tubo conduit de aluminio	14 metros
Cable TSJ 4x12	18 metros
Caja de registro	1 unidad

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA

Para llevar a cabo una implementación, se deben contemplar todos los aspectos, factores y recursos involucrados, de manera que es posible el cumplimiento de los resultados esperados.

4.1. Presentación de la propuesta al personal involucrado en la instalación

Para que el funcionamiento de la propuesta sea exitoso, es de vital importancia que el personal esté bien informado de los cambios que se realizarán, no solo para darle a conocer las tareas que le serán asignadas, sino para que estas sean desempeñadas correctamente y se cumpla con lo esperado.

La presentación de la propuesta al personal involucrado en la instalación de la maquinaria, es dirigida por el gerente general, quien planifica la actividad, dispone de un área adecuada, el equipo necesario, los recursos y el material de apoyo que considere indispensable.

También, decide que personas utilizará para la instalación, los grupos de trabajo que ha de armar y la calendarización de la presentación y de la instalación.

Para este caso en particular, en el funcionamiento de la propuesta se necesita a todos los trabajadores de la fábrica para movilizar la maquinaria; el trabajo se realiza un día sábado en dos turnos, en cada turno se arman cuatro grupos de trabajo y se utilizan los montacargas y el equipo de la fábrica.

- Grupos de trabajo: están formados por personas que se asignan según la destreza que posean para las tareas.
 - Grupo de limpieza: aunque la fábrica se mantiene en buenas condiciones y cumple con un estándar alto de calidad en la limpieza, a la hora de movilizar la maquinaria puede que haya partículas o residuos debajo de las máquinas, por lo que se ha asignado un grupo de limpieza formado por tres empleados. Identificados en la programación como GL1 y GL2. Necesario: rapidez y dinamismo.
 - Grupo de montacargas: se cuenta con dos montacargas para movilizar la maquinaria y las tarimas con productos, por lo que se requiere a dos personas para operarlos; forman el grupo de montacargas, identificados en la programación con GMo1 y GMo2. Necesario: experiencia en operación de montacargas.
 - Grupo de mediciones: para la redistribución de maquinaria; se requiere que esta cumpla con las medidas estipuladas, es por eso que se asigna un grupo de tres personas: dos miden y uno marca las nuevas ubicaciones de las maquinarias con tiza. En la programación se identifican con GMe1 y GMe2. Necesario: exactitud, orden, diligencia.
 - Se asignan 5 personas para formar el grupo de acondicionamiento; estas se encargan de acondicionar las áreas y posicionar la maquinaria donde corresponde con la ayuda de los montacargas. En la programación se identifican con GA1 y GA2.

Necesario: diligencia, proactividad y orden.

- Turnos: se cuenta con 26 empleados para realizar la actividad por lo que se dividen en dos turnos con los siguientes horarios:
 - Turno 1: con un total de 13 empleados, por ser día sábado se trabaja cuatro horas de 8:00 a 12:00 horas.
 - Turno 2: con un total de 13 empleados, por ser día sábado se trabaja cuatro horas de 13:00 a 17:00 horas.

4.1.1. Presentación de la propuesta de trabajo

Un día sábado, quince días antes de la redistribución de la maquinaria, se ocupa una hora para presentar la propuesta de trabajo al personal, informarles de las actividades, las tareas asignadas, los grupos de trabajo por turno, la modalidad de trabajo, los recursos disponibles, el equipo a utilizar y las normas de seguridad a seguir.

Esta actividad se respalda en un informe escrito, un informe verbal y la elaboración de una presentación en digital con la recopilación de la información más relevante para los trabajadores.

4.1.1.1. Informe escrito

El informe escrito es proporcionado a todo el personal, es decir, se imprimen 26 informes. En este se detalla la lista de las personas que forman parte de cada turno, así como su respectivo horario, los cuatro grupos de trabajo, las actividades a realizar y las personas que lo integran, el EPI que se

les ha de proporcionar, junto con las normas de seguridad para trabajar y el diagrama de distribución de maquinaria. Tal como se describe a continuación.

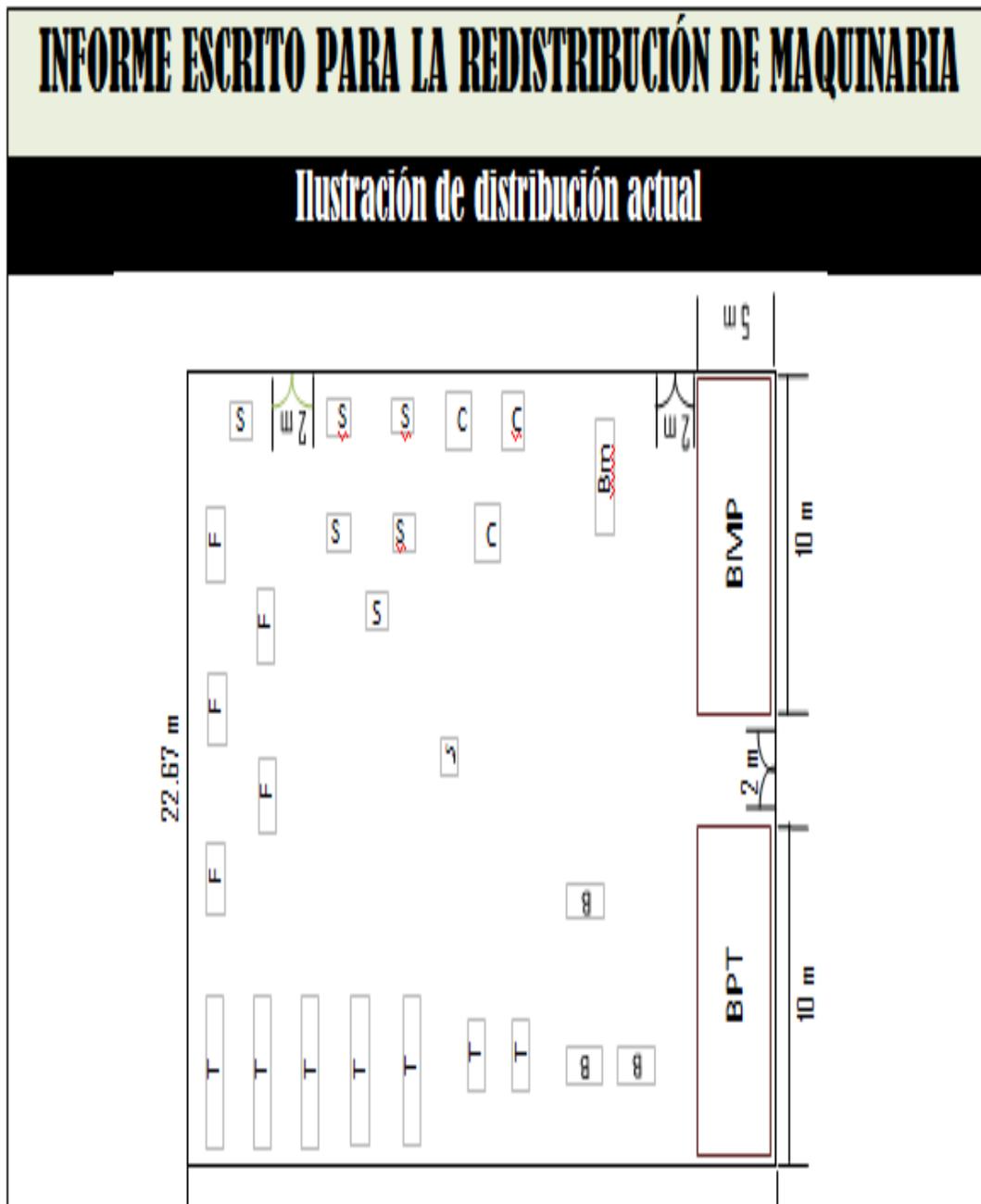
Tabla XI. **Esquema de informe escrito para la redistribución de maquinaria**

INFORME ESCRITO PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA			
Empresa: Fábrica de repuestos industriales MARQ			
Listado de personal para la redistribución de maquinaria			
Simbología			
GL1	=	Grupo de limpieza del turno 1	
GL2	=	Grupo de limpieza del turno 2	
GMo1	=	Grupo de montacargas del turno 1	
GMo2	=	Grupo de montacargas del turno 2	
GMe1	=	Grupo de mediciones del turno 1	
GMe2	=	Grupo de mediciones del turno 2	
GA1	=	Grupo de acondicionamiento 1	
GA2	=	Grupo de acondicionamiento 2	
Turno 1 Horario: 8:00 – 12:00 horas		turno 2 Horario: 13:00 – 17:00 horas	
Nombre de técnicos		S	S
	GL1		GL2
	GL1		GL2
	GL1		GL2
	GMo1		GMo2
	GMo1		GMo2
	GMe1		GMe2
	GMe1		GMe2
	GMe1		GMe2
	GA1		GA2

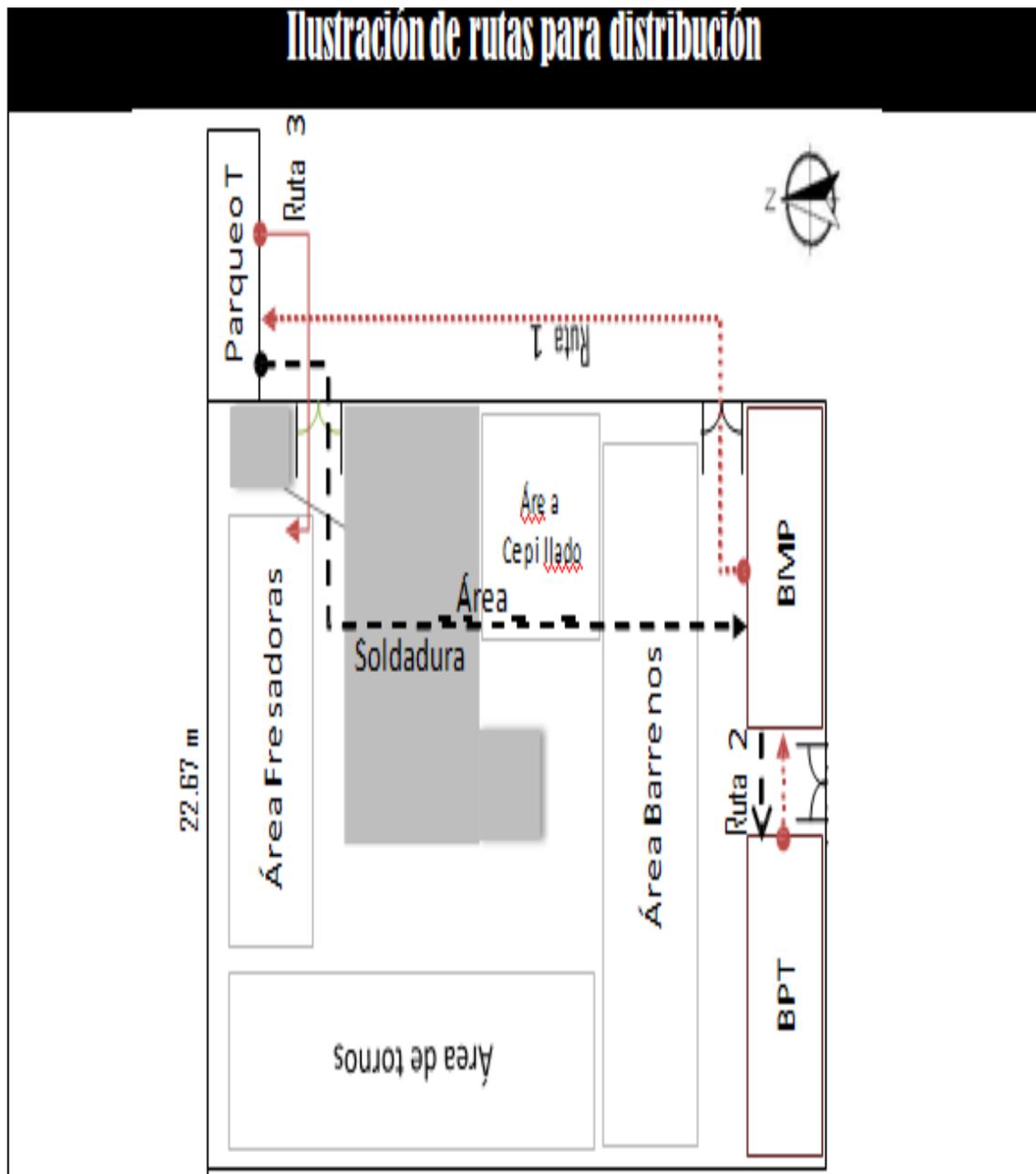
Continuación de la tabla XI.

INFORME ESCRITO PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA	
Empresa: Fábrica de repuestos industriales MARQ AGROS	
Cronograma de actividades TURNO 1	
Hora	Actividad
8:00-9:30	Grupo de limpieza, acondicionamiento y montacargas limpian y vacían el área de BMP, colocando las estanterías, tarimas y materias primas en el parqueo techado, siguiendo ruta 1.
8:00-10:00	Grupo de mediciones, mide y marca con tiza el área para tornos 1 y tornos 2.
9:30-11:00	Grupo de limpieza, acondicionamiento y montacargas limpian y vacían el área de BPT, colocando las estanterías, tarimas y producto terminado en existencia, en el área destinado para la nueva BPT, siguiendo ruta 2.
	Grupo de mediciones mide y marca el área de fresadoras.
Cronograma de actividades TURNO 2	
Hora	Actividad
13:00-14:00	Grupo de limpieza, acondicionamiento y montacargas limpian y posicionan la maquinaria en los espacios medidos y marcados del área de fresadoras.
	Grupo de mediciones mide y marca el área de barrenos.
14:00-15:00	Grupo de limpieza, acondicionamiento y montacargas limpian y posicionan la maquinaria en los espacios medidos y marcados del área de barrenos.
	Grupo de mediciones, mide y marca con tiza el área de cepillado.
15:00-16:00	1 de limpieza, 3 de acondicionamiento y 1 montacargas, limpian y posicionan la maquinaria en los espacios medidos y marcados del área de cepillado.
	Grupo de mediciones mide y marca el área de soldadura.
	2 de limpieza y 2 de acondicionamiento y 1 montacargas limpian y colocan las

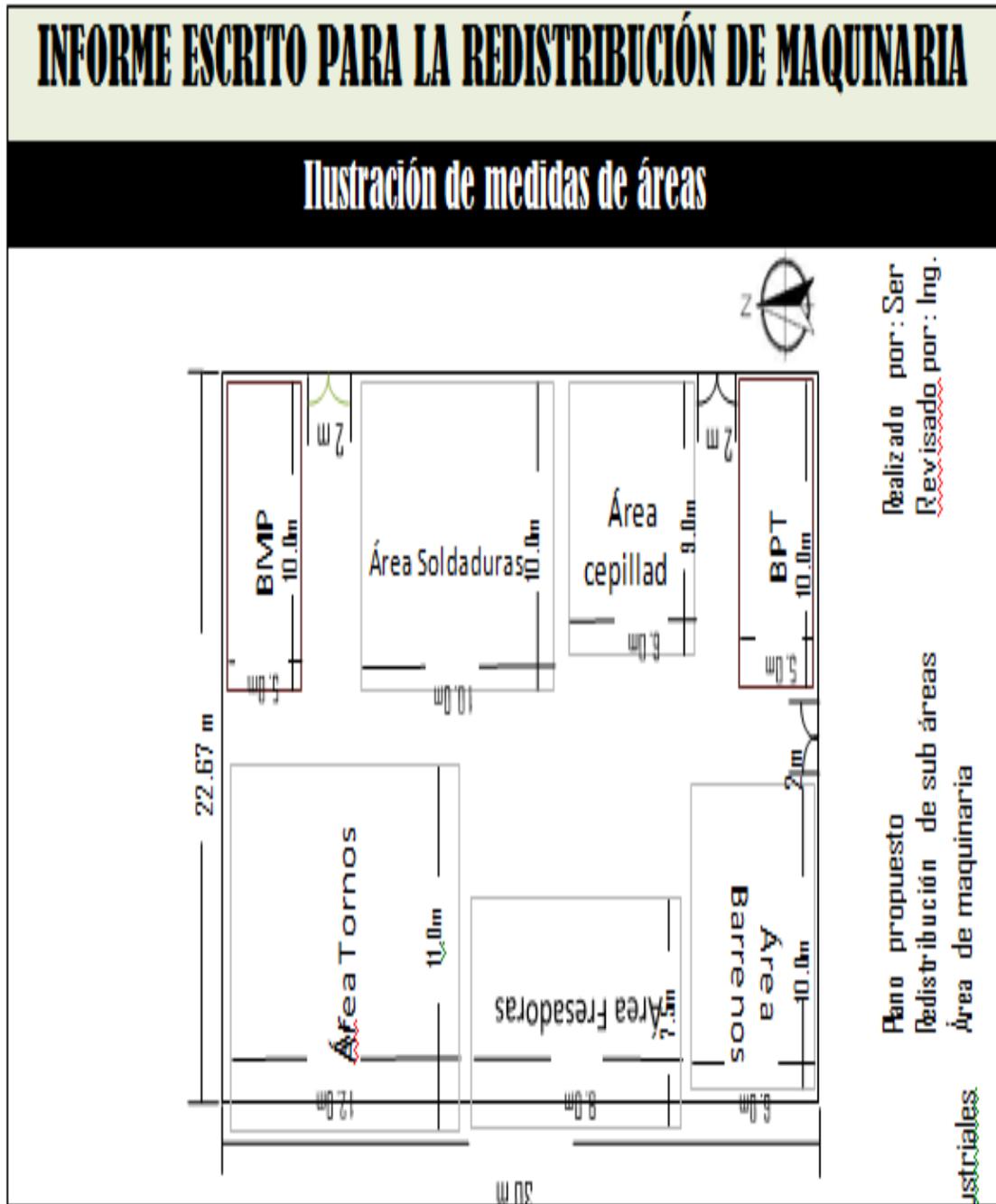
Continuación de la tabla XI.



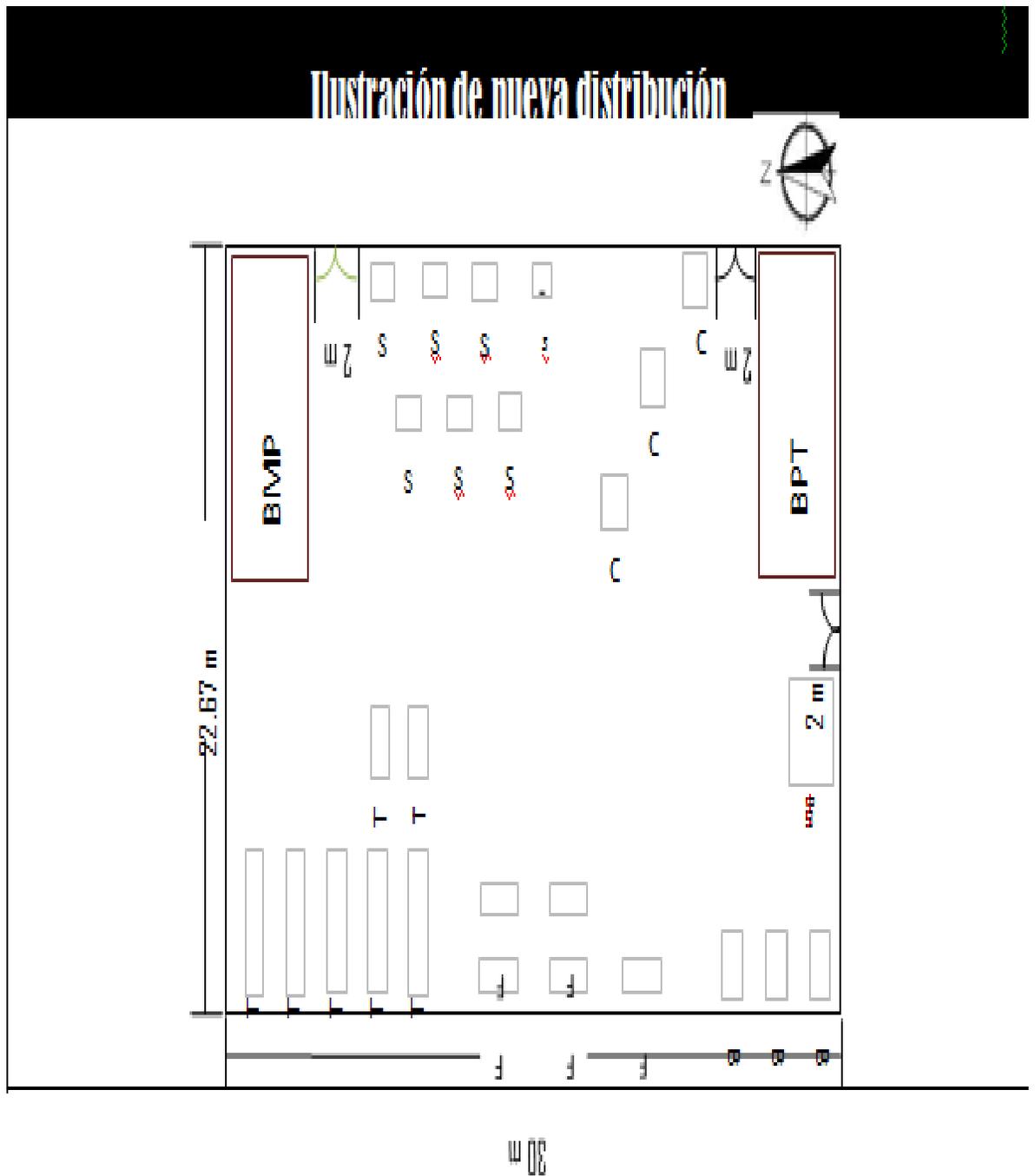
Continuación de la tabla XI.



Continuación de la tabla XI.



Continuación de la tabla XI.



Continuación de la tabla XI.

INFORME ESCRITO PARA LA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA
Especificaciones últimas
<p>El equipo de mediciones debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none">La distancia a medir entre las áreas de máquinas y las paredes, es de 0,5 mEl área de 10m X 5m en BMP y BPT se mide desde la paredLa distancia entre áreas de máquinas es de 1 metroLa distancia entre tornos es de 1,5 m al frente y 2m al costadoLa distancia entre fresadoras es de 1,5 m al frente y 1m al costadoLa distancia entre barrenos taladro es de 1,0mEl barreno magnético se coloca a 1 m de la pared y 1 m de la puertaLa distancia entre cepillos es de 1,5 m al frente esquinada a 1,0mLa distancia entre soldadoras es de 1,5 m a los costados y 2,5m al frente esquinadas
Normas de seguridad
<p>Todo el equipo de protección lo va a proporcionar la empresa, siendo la responsabilidad de los empleados utilizarlos en el desempeño de sus actividades.</p> <p>Todo el personal debe utilizar casco y zapatos industriales, los guantes son opcionales según requerimiento de las actividades que van a realizar.</p> <p>Trabajar en equipo al movilizar las máquinas, manteniendo buena comunicación entre los miembros para evitar accidentes.</p>

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.2. Informe verbal

El informe verbal no es más que transmitir al personal la información que se describe en la página uno, dos y parte de la cinco del informe escrito, de manera que no lo sientan como una carga, sino como una oportunidad para mejorar su ambiente laboral.

Al personal hay que darle a conocer la información de forma verbal para dar oportunidad de aclarar dudas y aprovechar para explicarles por qué se ha armado cuatro grupos, por qué se va a trabajar en dos turnos, las destrezas o habilidades requeridas para las actividades a realizar, el cronograma de actividades a grandes rasgos y se recalca la importancia de los reglamentos de seguridad.

Es necesario, hacerles saber que la empresa también trabaja por no recargarles el trabajo, por ejemplo, el hecho de que el día viernes antes de la distribución la empresa procurará alcanzar un mínimo de inventario para facilitar la movilización del área de bodega de producto terminado; y que del mismo modo, se les ha solicitado a los proveedores surtir de materias primas para el lunes después de la distribución, para minimizar el tiempo empleado en movilizar el área de bodega de materias primas; son cosas que pueden motivar al empleado.

Aunque la redistribución de maquinaria es un trabajo relativamente sencillo, es de vital importancia que todas las personas que van a trabajar en ello, estén bien informados y comprometidos con las tareas que van a realizar. Todos los grupos juegan un papel importante para la implementación de la propuesta y es por eso que se les motiva a trabajar en equipo.

4.1.1.2.1. Exposición del estudio

Cuando se detectan, deficiencias o problemas, es necesario buscar su origen, con ello encontrar soluciones y, por último, darlas a conocer a nivel general, para que todos busquen la calidad de la empresa.

En la exposición del estudio se busca dar a conocer al personal de trabajo, su origen, la situación actual de la planta y los resultados que se han obtenido de este y con esto lograr una mejor aceptación de la propuesta.

4.1.1.2.2. Plano de distribución

Entre las diapositivas se presentan los planos de distribución actual y de distribución propuesta, pero que también, se les ha entregado a los empleados en el informe escrito. Esto se hace para que los empleados conozcan a detalle toda la información que pueda contribuir a que realicen su trabajo de forma más eficiente. También, les da la oportunidad de que lo estudien con anterioridad y expongan sus dudas durante la presentación.

Durante la presentación del plano de distribución, para iniciar y promover el trabajo en equipo, se les pide que se reúnan en los grupos a los que fueron asignados.

Al estar agrupados deben estudiar y discutir las tareas que deberán realizar según el informe escrito que se les ha proporcionado y, con base en eso, formular las dudas que puedan surgir de la dinámica, para que después de la explicación puedan presentarlas al expositor.

4.1.1.2.3. Diagramas explicados

Se explicarán a detalle los planos y se aclararán las dudas que puedan surgir durante la presentación en cada uno de los grupos.

Para la explicación del diagrama, se requiere la colaboración de los jefes de área, quienes se harán cargo de explicarle a cada grupo sus tareas.

- Grupo limpieza: el encargado de la explicación aclara las dudas del grupo, les indica la ubicación de los utensilios a su disposición y les da las recomendaciones de seguridad correspondientes. Además, debe incitar al grupo para trabajar lo más eficientemente posible, debido a la importancia del cumplimiento de los tiempos establecidos, cuidando siempre que las tareas estén bien hechas.
- Grupo de montacargas: el encargado de la explicación estudia las rutas con el grupo de montacargas; explica que las flechas rojas punteadas son las de ida de un área a otra, las flechas negras punteadas son las de regreso de un área a otra y que la flecha sólida es una ruta única ya que en esta ruta solo trabajará un montacargas; les recuerda las normas de seguridad, aclara sus dudas y enfatiza en el cuidado de las instalaciones al maniobrar dentro de las mismas.
- Grupo de mediciones: el encargado de la explicación estudia las especificaciones últimas del informe escrito con el grupo de mediciones; aclara las dudas del grupo; les da las recomendaciones de

seguridad relacionadas con sus tareas y les informa del equipo que se les proporcionará para la realización de su trabajo.

- Grupo de acondicionamiento: el encargado de la explicación aclara dudas que puedan haber surgido en la actividad anterior, se les recalca las medidas de seguridad con las cuales deben trabajar y les informa del equipo con el que cuentan para llevar a cabo sus tareas.

- Clasificación de la maquinaria y equipo
 - Tornos paralelos
 - Fresadora universal
 - Fresadora horizontal
 - Fresadora mixta
 - Rectificadora plana
 - Rectificadora universal
 - Rectificadora cilíndrica
 - Esmeril de pedestal
 - Cepilladora.
 - Taladro de columna

- Otros equipos
 - Hornos industriales: estos hornos contienen temperaturas muy altas para modificar propiedades de materiales de acero.

 - Soldadura por puntos: la soldadura de electrodos donde la corriente se suministra a las piezas a través de los electrodos y durante un

determinado tiempo, produciéndose la fusión de la zona a soldar y quedando realizado el punto de soldadura. Este tipo de soldadura solamente se emplea para uniones sometidas a pequeños esfuerzos, ya que la resistencia mecánica conseguida en la unión no es muy elevada.

4.2. Planos de la redistribución de luminarias

La redistribución de lámparas se realizó con base en el rediseño de iluminación por el método de cavidad zonal. Este método es recomendable pues toma en cuenta la edad de los trabajadores, la clase de actividad que se realiza y el tiempo de los trabajos.

El método que se utilizará para el cálculo del número de lámparas es el de cavidad zonal, el cual está constituido por tres diferentes zonas o cavidades:

- Cavidad del cielo (hcc): es el área de medida desde el plano de las luminarias al techo. $hcc = 0$ m.
- Cavidad de ambiente (hca): es el espacio que va desde el plano donde se realiza el trabajo hasta la parte inferior de las luminarias. $hca = 2,08$ m.
- Cavidad del piso (hcp): este espacio va desde el piso hasta el plano de trabajo o donde se hace la tarea. $hcp = 1,10$ m.
- Medidas del área: largo = 19.85 m, ancho = 11.64 m y una altura = 3,18 m.

La metodología para calcular el número de lámparas es el siguiente:

- Se clasifica el trabajo según las normas IES (Sociedad de Ingeniería de Iluminación).
-

Tabla XII. **Descripción del trabajo según las normas IES**

Talleres	Rango
Trabajo grueso	D
Trabajo medio	E
Trabajo fino	H

Fuente: elaboración propia.

- Se escogen rangos de iluminancia en lux:

Tabla XIII. **Clasificación de rangos de iluminancia en lux**

E 500 - 750 – 1 000	Trabajos de contraste medio o tamaño pequeño.
	Trabajos moderadamente difíciles de montaje o de banco.

Fuente: elaboración propia.

- Se calcula en nivel de reflectancia del piso, paredes y techo con base en su color.

Tabla XIV. **Clasificación por color de coeficiente de reflexión**

Color de coeficiente de reflexión	Porcentaje
Cielo = Gris	50 %
Pared = Blanco	80 %
Piso = Gris	30 %
Total	160 %

Fuente: elaboración propia.

Ahora se procede a dividir el total de arriba dentro de 3.

$$\text{Reflectancia} = \frac{140 \%}{3} = 46,67 \%$$

Tabla XV. **Ponderación según factores de peso**

Factores de peso	Ponderación
Edad < 40	-1
Exactitud importante	1
Reflectancia 30 – 70 % 0	-1

Fuente: elaboración propia.

Para valores de -1, 0 y +1 se toma el valor medio del rango lumínico. Entonces se toma 750 luxes.

Nota: los factores que arriba se detallaron se tomaron con base a los datos proporcionados en el taller, la edad de los participantes y de la exactitud que se necesita en las actividades.

- Se determinan las relaciones de cavidad del ambiente
 - $RCA = (5 \cdot h_{ca} \cdot (L+W)) / (L \cdot W)$
 $RCA = (5 \cdot 2,08 \cdot (19,85+11,64)) / (19,85 \cdot 11,64) = 1,42 \approx 2$
 - $RCC = (5 \cdot h_{cc} \cdot (L+W)) / (L \cdot W) = (5 \cdot 0 \cdot (19,85+11,64)) / (19,85 \cdot 11,64) = 0$
 - $RCP = (5 \cdot h_{cp} \cdot (L+W)) / (L \cdot W)$
 $RCP = (5 \cdot 1,10 \cdot (19,85+11,64)) / (19,85 \cdot 11,64) = 0,75 \approx 0,8.$
- Se calcula la reflectancia efectiva de cavidad del cielo P_{cc} . En la tabla de reflectancias efectivas de cantidad de cielo y piso, del libro de Ingeniería eléctrica del Ing. Rodolfo Koenisberger (5 – 66), con $P_c = 50 \%$, $P_p = 80 \%$ y $RCC = 0$. El $P_{cc} = 50 \%$.
- Se busca el coeficiente de utilización: en la tabla de coeficientes del libro anteriormente mencionado (5 – 68). Se usa el $RCA = 2$, $P_{cc} = 50 \%$, $P_p = 80 \%$. El $K = 0,71$.

Luego con la tabla (5 – 66) se busca P_{cp} , con $P_f = 30 \%$, $P_p = 80 \%$ y $RCP = 0,8$. Entonces $P_{cp} = 0,29$ o 29% . Como $P_{cp} > 20 \%$ aplica el factor de corrección, que es de $1,0$. Por último, se multiplica $1,04 \cdot 0,71 = 0,74 = K'$

- Se calcula el flujo lumínico

$$\Phi = E * S / (K * K')$$

En donde:

- Φ = flujo total
- E = iluminación en lux
- S = superficie de utilización
- K = coeficiente de utilización
- K' = nuevo factor
- $\Phi = (750 * (19,85 * 11,64)) / (0,71 * 0,74)$
- $\Phi = 329\ 825,8$ lúmenes

- Se calcula el número de lámparas

Se tienen lámparas de alta descarga de mercurio HID que proporcionan 22 000 lúmenes por lámpara y tiene una potencia de 400 W.

Como se posee el flujo total en lúmenes que se necesitan en el taller y la cantidad de lúmenes por lámpara se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{\text{Flujo total en lúmenes}}{\text{Lúmenes / Lámpara}}$$

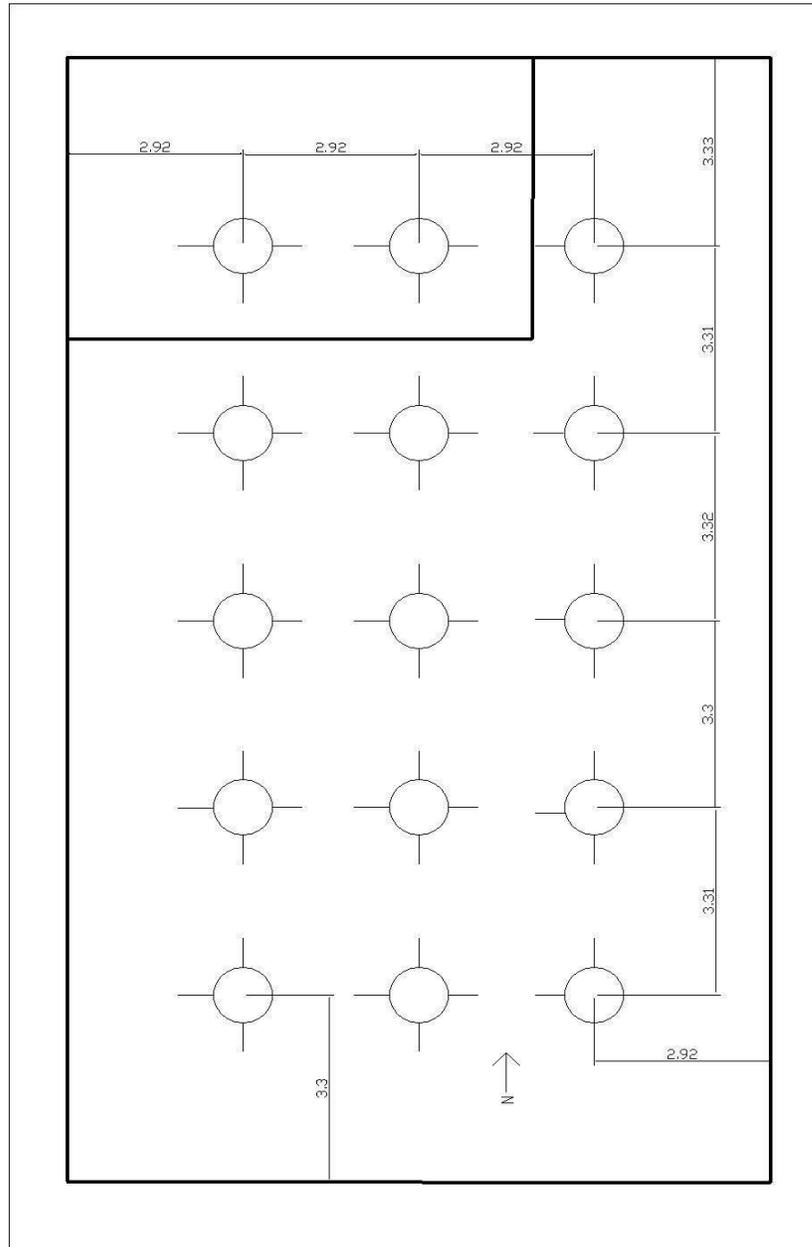
$$\text{No. de Lámparas} = \frac{329\ 825,8 \text{ lúmenes}}{22\ 000 \text{ lúmenes/lámpara}} = 14,99 \approx 15 \text{ Lámparas}$$

El cálculo anterior se realizó para un módulo y el Taller de Mecánica Industrial está compuesto por dos módulos con la misma área y es por esto que el resultado descrito arriba lo multiplicamos por dos.

El número total necesario de lámparas es de 30 para los dos módulos del taller de mecánica industrial.

En los siguientes planos se muestra la distribución de lámparas en los módulos.

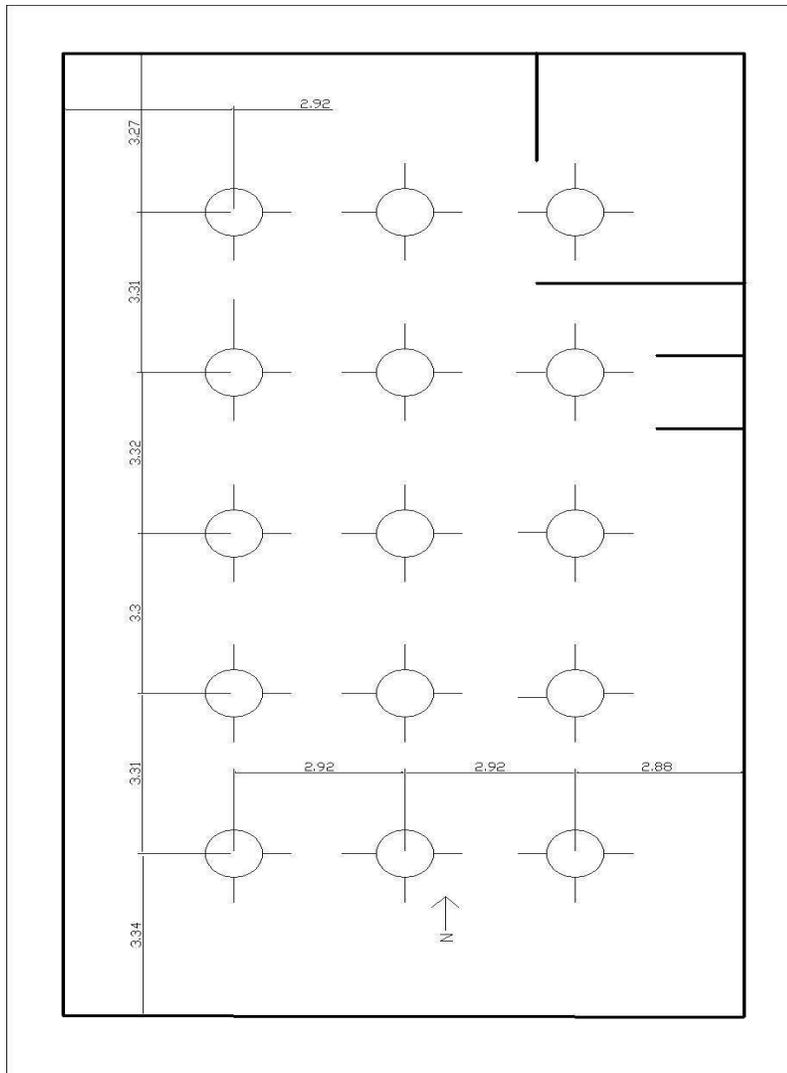
Figura 37. **Plano de rediseño de iluminación en módulo uno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Nota: las dimensiones están dadas en metros. Los dibujos muestran la distribución de las lámparas de alta descarga de mercurio HID.

Figura 38. **Plano de rediseño de iluminación en módulo dos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Nota: las dimensiones están dadas en metros. Los dibujos muestran la distribución de las lámparas de alta descarga de mercurio HID.

4.3. Registro de maquinaria y equipo

En la tabla siguiente se muestra la ficha de registro que se llenará con base en los códigos anteriores y las características de las máquinas y de los equipos.

Tabla XVI. Hoja de registro

Ficha de registro	
Taller:	Código:
Marca:	Modelo:
Potencia(HP):	Serie:
Voltaje:	Amperaje:
Frecuencia de Mantenimiento:	Responsable del Bien:
Observaciones:	

Fuente: elaboración propia.

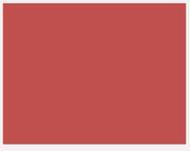
4.4. Elaboración de rutinas de mantenimiento preventivo

Este documento es de utilidad para tener de forma clara y resumida los trabajos sobre la máquina o equipo; tiene en cuenta las características más generales de las máquinas y de los equipos. Seguidamente, se muestra la ficha de inspección de mantenimiento.

- Elaboración de fichas de control de mantenimiento

Este documento se utiliza para registrar toda información de los trabajos de mantenimiento realizado a la maquinaria o equipo; también, de las herramientas y repuestos que se emplearon.

Tabla XVIII. **Hoja de control de mantenimiento**

Ficha de control de mantenimiento						
						Hoja No. _____
						Nombre de la máquina/equipo: _____ Modelo: _____
Marca: _____			Código: _____			
No. de serie: _____		Preventivo _____		Correctivo _____		
Fecha	Componente	Descripción del trabajo	Repuestos usados	No. de repuestos	Costo	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

- Fichas de orden de trabajo

Las fichas de orden de trabajo se incluyen aquí porque las fichas de control de mantenimiento generan su realización.

Este documento se usa para requerir y autorizar un trabajo de mantenimiento; la actividad que se debe realizar; explica el tipo de trabajo y los repuestos que se utilizarán. Los datos que se incluyen en la orden de trabajo serán de suma importancia para llevar un historial de repuestos utilizados en el taller. En el formato siguiente se muestra la orden de trabajo.

Tabla XIX. **Hoja de orden de trabajo**

Ficha de orden de trabajo	
	Hoja No.
Orden de trabajo del Taller:	Prioridad: Emergencia___ Urgencia ___ Normal___
Nombre del encargado:	Maquinaria o equipo a trabajar:
Trabajo a realizar:	
Materiales o repuestos necesarios	
Observaciones	
Fecha de ejecución:	Hora favorable:
Firma del responsable:	Autorizado:

Fuente: elaboración propia.

- Elaboración de tareas de mantenimiento

Es posible agrupar las tareas o los trabajos de mantenimiento que complementen las actividades de mantenimiento.

- Inspecciones visuales: estas inspecciones son importantes, se pueden realizar solo con observar las instalaciones del taller para determinar si existe un desperfecto.
- Lubricación: las inspecciones de la lubricación en máquinas son importante para que no se presenten fallas.
- Verificaciones del correcto funcionamiento realizado con instrumentos externos del equipo: lo que se busca con este tipo de tareas, es determinar si el equipo cumple con especificaciones prefijadas; para su determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales:

Tabla XX. **Hoja de tareas de mantenimiento**

	Ficha de tareas de mantenimiento		
	Hoja No. _____		
Nombre de la máquina/equipo: _____ Modelo: _____			
Marca: _____ Código: _____			
No. de serie: _____			
Tarea Realizada	Fecha	Realizado por	Revisado por
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de seguridad industrial

Lo que se necesita actualmente en el taller de mecánica industrial es:

- La señalización y designación de las cajas de distribución eléctricas de cada una de las máquinas y equipos que se encuentran en las instalaciones.
- Es necesario instruir a los participantes en el uso de extintores.
- Se necesita capacitar periódicamente a los participantes sobre la importancia del uso del equipo de protección personal y de la seguridad industrial.

5. MEJORA CONTINUA

Una parte vital para alcanzar la calidad de la fábrica, es la mejora continua. En los procesos productivos, existe la certeza de que todo puede ser mejorado, si se detecta una falla o una deficiencia.

Para lograrlo se programan auditorías, reportes y estudio de la documentación que proporcione información relevante.

5.1. Auditoría de la redistribución de maquinaria

Las auditorías deben ser aleatorias, verificar la eficiencia de los cambios realizados sin la notificación de inspección para lograr que sus resultados sean objetivos y funcionales.

La auditoría, para este caso, se lleva a cabo de la siguiente manera.

- Se realiza 8 días después de la redistribución, día sábado.
- La duración de la auditoría es de cuatro horas. Para que el personal no sienta que se cuestiona su eficiencia se realiza a partir de las 12:00 horas.
- Es realizado por el encargado de la redistribución, que para este caso es el gerente general, con la ayuda de dos colaboradores.
- Se procede a realizar las medidas de los cambios efectuados. Se compara con las medidas de planos propuestos y especificaciones de

medidas por áreas utilizando el formulario de auditoría.

Tabla XXI. **Formulario de auditoria**

FORMULARIO AUDITORIA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA					
Empresa: Fábrica de repuestos industriales MARQ AGROS S.A. Encargado: gerente general					
MEDICIONES					
Área	Máquina o equipo	Cumple	No cumple	Necesita modificación	
Tornos	Torno T1.1				
	Torno T1.2				
	Torno T1.3				
	Torno T1.4				
	Torno T1.5				
Fresadoras	Fresadora F1				
	Fresadora F2				
	Fresadora F3				
	Fresadora F4				
Barrenos	Barreno Bt1				
	Barreno Bt2				
	Barreno Bt3				
Cepillado	Cepillo C1				
	Cepillo C2				
Soldadura	Soldadura S1				
	Soldadura S2				
	Soldadura S3				
	Soldadura S4				
	Soldadura S5				

Fuente: elaboración propia.

En el formato anterior, se describen las máquinas que se reubicarán; además, cuenta con tres columnas en donde la primera indica el módulo en el

que se realizó la redistribución y en las siguientes dos se debe colocar una marca en la casilla “SI”, si la reubicación fue de acuerdo a la propuesta o una marca en la casilla “NO” si la reubicación no es satisfactoria. Además, cuenta con un espacio para apuntar las observaciones y recomendaciones para mejoras y perfeccionamientos.

5.1.1. Revisión de la reubicación de maquinaria

Después de realizada la auditoría, se puede definir si la reubicación se ha llevado a cabo, tal como se planeó. Al no cumplir con las especificaciones, se reprograma un sábado para hacer las correcciones que se consideren necesarias.

En caso de cumplir con las medidas establecidas, se procede a evaluar si cumple con sus objetivos.

La reubicación de la maquinaria puede provocar resultados inesperados o contrarios a lo que se buscaba con esta. En este caso, se revisa si es posible colocar más maquinaria en caso la fábrica necesitara aumentar su número de máquinas, si la redistribución contribuye al aumento de la productividad y si beneficia a los trabajadores.

Para determinar si la redistribución contribuye a un flujo productivo ininterrumpido y si beneficia a los trabajadores, es necesario conocer la opinión de los operarios que trabajan directamente en el área de producción. Para ello se puede elaborar una encuesta como la que se presenta en la tabla IX y tabular la información obtenida.

Tabla XXII. Encuesta para operarios

ENCUESTA REDISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA			
Empresa: Fábrica de repuestos industriales MARQ AGROS S.A.			
Encargado: gerente general			
Área de trabajo: _____			
Instrucciones: lea detenidamente las siguientes preguntas y seleccione			
De producción			
No.	Pregunta	Si	No
1	El material de trabajo lo obtengo en menos tiempo		
2	Invierto menos tiempo en transportar el producto terminado		
3	Ahora trabajo más rápido y ordenado		
4	El área de producción está más ordenada que antes		
No.	Pregunta	Si	No
6	Pienso que el cambio en el área es de beneficio para la empresa		
7	Las áreas de trabajo están mejor definidas y me siento más cómodo		
8	La movilización dentro de mi área de trabajo es mejor ahora		
9	La nueva distribución mejora mis condiciones de trabajo		
10	Cuando realizo mi trabajo me canso menos		
COMENTARIOS O SUGERENCIAS			

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Reportes de la redistribución

Al concluir el proceso de reubicación, o de corrección si fue necesario, se realiza un reporte que, con las medidas reales de la nueva ubicación de la maquinaria, con el fin de dejar constancia de los cambios efectuados. Como mínimo el reporte debe contener:

- Nombre de la empresa
- Encargado de la implementación
- Objetivos planteados
- Metodología empleada
- Recursos utilizados
- Personas involucradas en el proceso
- Resultados obtenidos
- Objetivos alcanzados

El reporte debe archivar en digital e impreso, para que esté disponible en cualquier momento que se quiera utilizar. Ya sea para nuevas mejoras, para cuando se introduzca nueva maquinaria, cuando se le va a dar mantenimiento a las máquinas, para inventarios, entre otros.

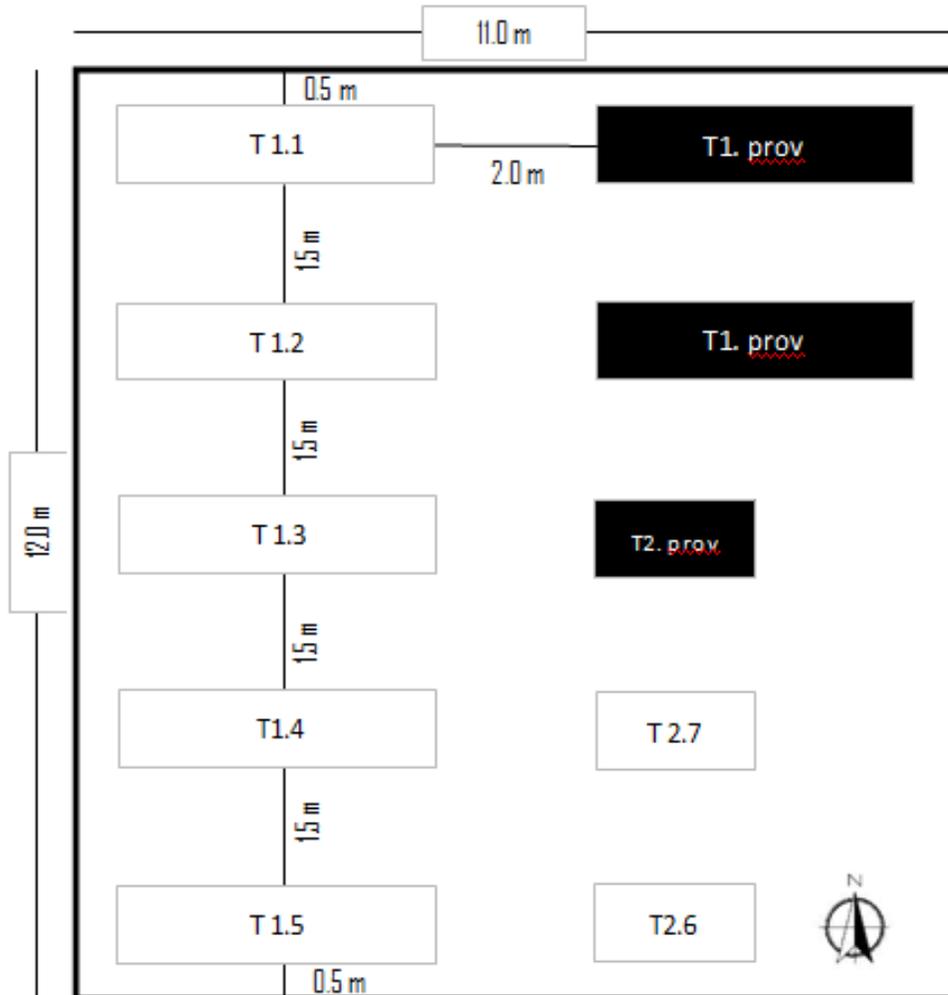
5.1.2.1. Evaluación

Para evaluar la implementación de la propuesta, se toman en cuenta todos los factores relevantes que se ven afectados de una u otra forma con la

distribución de la maquinaria: el recurso humano, el tiempo, los insumos, la materia prima y las medidas de las áreas donde se trabaja.

Una forma de evaluar la redistribución de la maquinaria es comparar la distribución original, con la propuesta y con la real, y verificar si se cumple con las especificaciones de cada una de las áreas que se presentan en las siguientes figuras.

Figura 39. **Redistribución del área de tornos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Figura 40. **Torno italiano marca SGM**



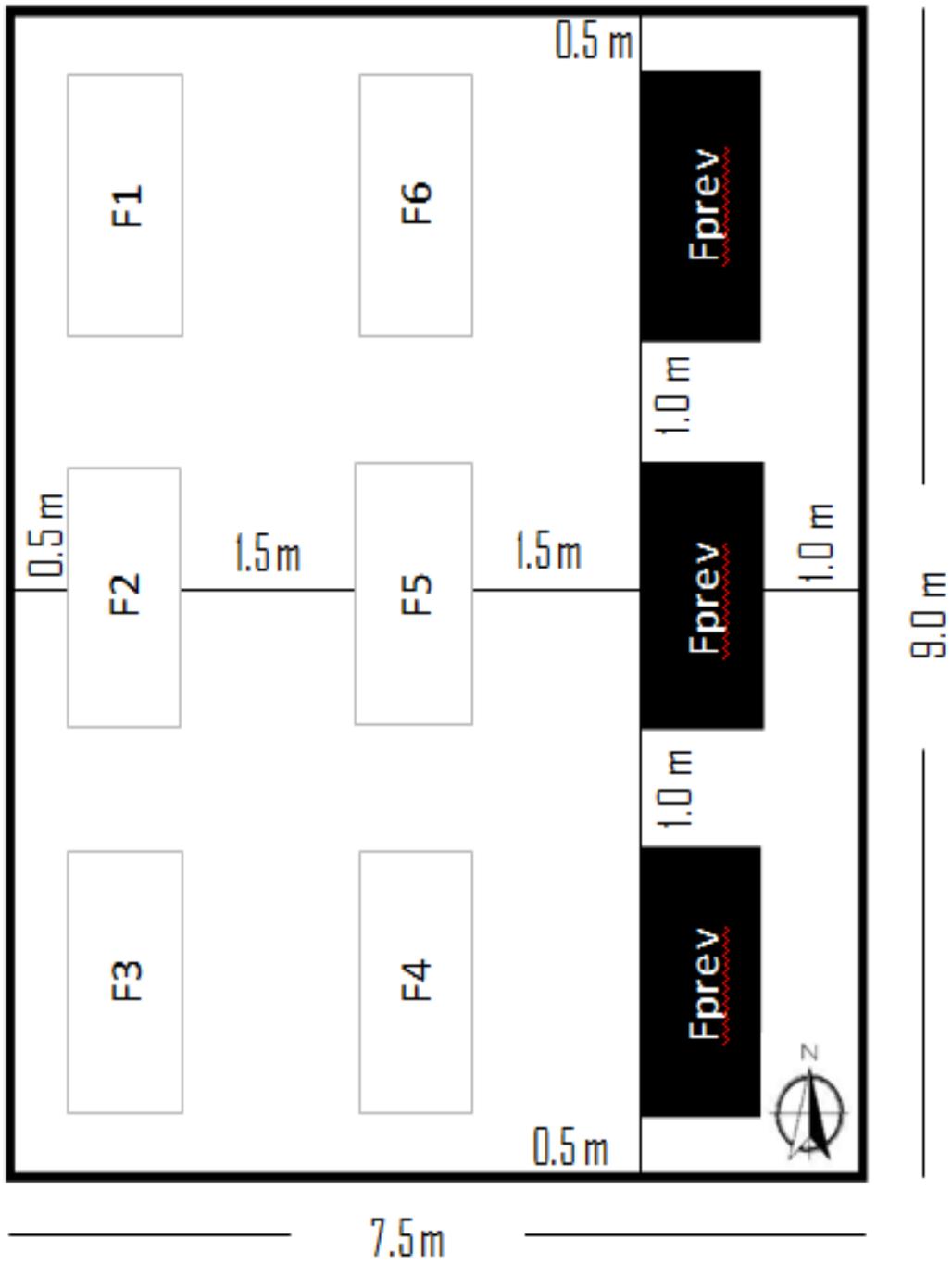
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Torno italiano marca Tiger**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Redistribución del área de la fresadora



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Figura 43. **Fresadora universal marca Tiger**



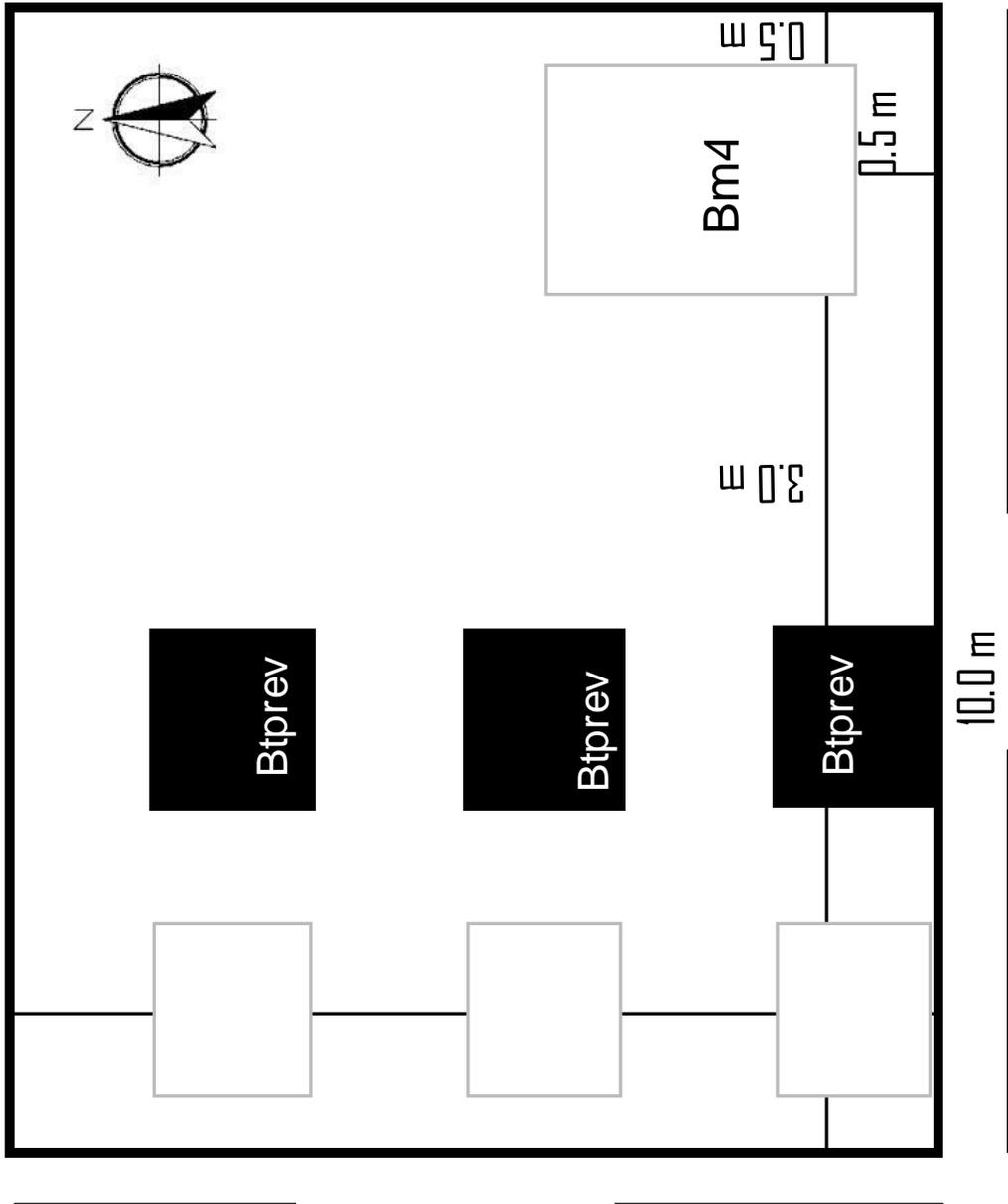
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Fresadora universal marca Arno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Redistribución del área de taladros



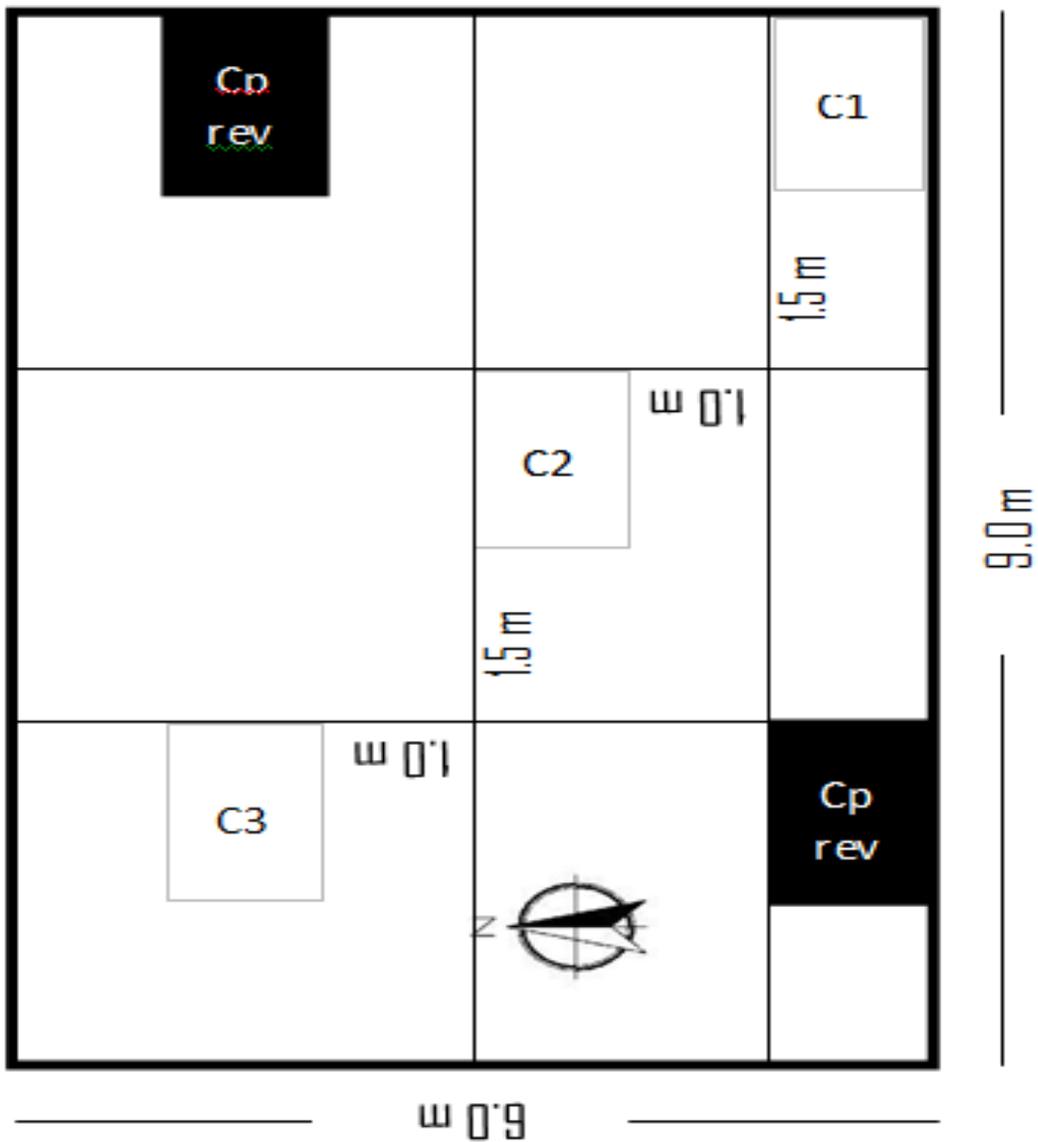
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010

Figura 46. Taladro radial



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Redistribución del área de cepillado



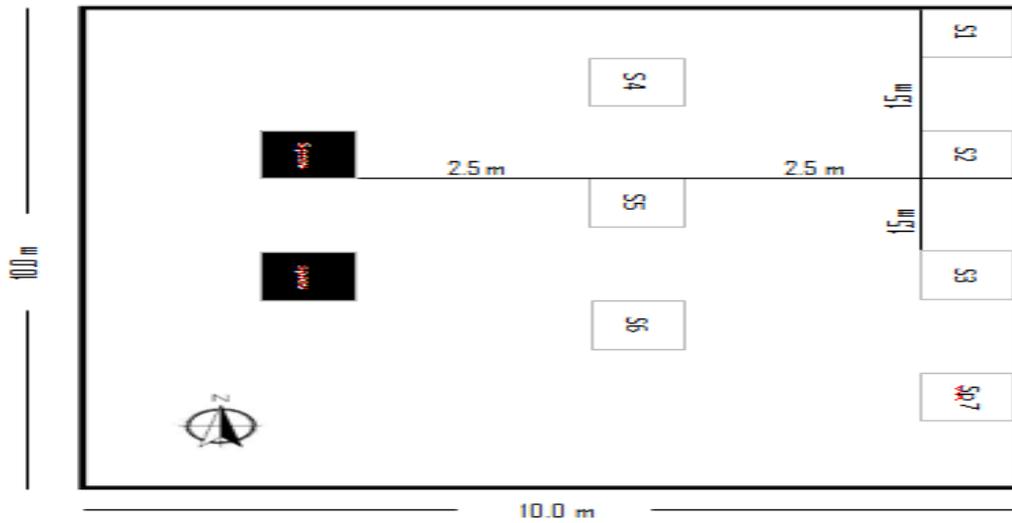
Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Cepillo



Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Redistribución del área de soldadura



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2010.

Figura 50. **Soldadura marca Inverter 2016**



Fuente: elaboración propia.

5.1.2.2. Resultados

Los resultados forman la parte final del reporte y es en donde se enlistan todas las ventajas y desventajas obtenidas de la implementación.

Es evidente que se deben presentar con base en los objetivos planteados, pero como una forma de complementarlos puede realizarse un cuadro comparativo de la situación, antes y después, de la implementación.

5.1.2.2.1. Ventajas y desventajas

Son múltiples las ventajas que se obtienen al implementar la propuesta, de acuerdo a las necesidades encontradas en la planta:

- La integración del recurso humano con la maquinaria y los materiales de la fábrica para optimizar sus procesos.
- El aprovechamiento del espacio disponible dentro del área productiva.
- La reducción de las distancias recorridas por los materiales y productos mientras deban ser movilizados por el área de producción.
- Un mejor orden dentro del área de producción que favorezca los procesos realizados dentro de él.
- La verificación de que el flujo del proceso productivo sea efectivo.
- Se puede proporcionar un lugar de trabajo más agradable y seguro a los trabajadores de la fábrica.
- Aporta un cálculo de la capacidad de la fábrica para la adquisición de maquinaria futura.
- Un mejor desempeño de los empleados durante las horas en que sea necesaria la iluminación artificial dentro del área de producción.

Aunque las ventajas son muchas, también es importante considerar

algunos de desventajas.

- La primera desventaja a considerar, es el costo en que se incurre en la redistribución de luminarias; ya que los trabajos eléctricos tienen costos elevados en mano de obra y materiales.
- La segunda desventaja, es el reto que supone lograr que los proveedores, clientes y trabajadores coincidan en pedidos, entregas y disponibilidad de tiempo, el día en que se ha programado la redistribución de maquinaria.

5.1.2.2.2. Riesgos

Se han analizado los riesgos interrelacionados con la implementación de la propuesta; con base en dicho análisis, se enumera los riesgos identificados.

- Accidentes: los riesgos de accidentes durante la redistribución de la maquinaria, son mitigados con equipo de protección individual e instrucciones de movilización bastante exactas, y evaluación de riesgos que solo puede minimizarse y no eliminarse.
- Daños a maquinaria: los daños que pueden sufrir las máquinas al ser movilizadas dentro del área de producción representan un riesgo latente; del mismo modo que los accidentes, se pueden minimizar, pero no eliminar.
- Daños a infraestructura: debido a que la maquinaria es pesada y en

su mayoría de proporciones considerables, la movilización dentro de un área cerrada, sugiere un riesgo a la infraestructura.

- Resistencia al cambio: el recurso humano relacionado con la redistribución, puede presentar una resistencia al cambio, que debe detectarse y mitigarse al momento de la presentación de la propuesta; sin embargo, puede contralarse de mejor manera con la presencia constante del gerente durante la implementación de la propuesta.

5.1.2.3. Documentación de resultados

La documentación de resultados, es conforme a los requerimientos y posibilidades de la fábrica. Conviene, en lo posible, mantener la documentación física, impresa y en digital.

Esta debe estar a cargo de la supervisión de jefe, pero puede estar archivada por la secretaria de la empresa.

En el caso de los formularios llenados a mano, la información debe digitalizarse y, preferiblemente, manejarse en un libro de Excel; para tener información, la visualización de los efectos y su graficación.

Es muy importante documentar cada resultado brindado, en la ejecución de la propuesta, una de ellas y la más importante es la mejora en la eficiencia en la manufactura que refleja la redistribución de maquinaria, la cual representa un 11,5%, con lo cual se alcanza un porcentaje de 83,5% como eficiencia de la línea de producción.

5.2. Evaluación de los programas de mantenimiento

Cada programa de mantenimiento debe tener un principio, un detalle de lo que se realizó, las evaluaciones que obtuvieron y los resultados esperados del programa.

- Informes de mantenimiento

Tener un control de informe constante de todas las actividades. Por ejemplo, describir las fallas, el tipo de causas que se proporcionan en la maquinaria y las soluciones.

Cada informe de mantenimiento debe contener sí se cumplieron los objetivos, y los resultados esperados.

CONCLUSIONES

1. Con base en la investigación las condiciones actuales y de las necesidades del área de producción, se propone una distribución y designación de nuevas áreas para la maquinaria que se utilizan en la fabricación de repuestos industriales, utilizando el método de Layout. Aunque es un método sencillo, permite establecer la relación de prioridad de cercanía deseada entre las subáreas de torno, fresadoras, barrenos, cepillado, soldadura, bodega de materia prima y bodega de producto terminado, que elimine los obstáculos que impidan un efectivo flujo del proceso productivo. Esta distribución se plasma en los planos presentados en el capítulo tres y se dibujan a detalle en el capítulo cinco.
2. Al analizar la información recabada durante el estudio, se constata el hecho de que, aunque en la fábrica la distribución del equipo y maquinaria fue agrupada por tipos de máquinas; el área no está ordenada, la distancia entre maquinarias es bastante variada, el tiempo invertido en transporte de producto hacia o desde las bodegas es mayor al deseado y, en algunos casos, esto entorpece la producción y no favorece al flujo de los procesos. Las deficiencias mencionadas son consideradas como oportunidades de mejora y como medida de mitigación se propone la redistribución bajo el concepto de distribución por proceso.
3. Para verificar si la iluminación en la fabricación de repuestos industriales es adecuada, se realizaron cálculos utilizando el método de cavidad

zonal, con el cual se determina que es ineficiente por poseer la mitad de la luminaria requerida para que los operarios trabajen en condiciones óptimas. Aunque son pocas las horas, en las que los operarios necesitan iluminación artificial para desempeñar sus labores, se propone una redistribución de luminarias, de acuerdo al plano presentado en el capítulo tres.

4. La propuesta de redistribución de maquinaria aporta como beneficios el aumento de la producción, al reducir los tiempos de transporte, al aprovechar la mejora de las áreas y al ordenar las estaciones de trabajo; la reducción de costos por incumplimiento de fecha de entrega o al disminuir tiempos muertos, tiempos de ocio, defectos por falta de espacio en el manejo de los productos, entre otros, el incremento en la garantía para el trabajador y la mejora en las condiciones laborales, entre otros. La distribución propuesta analiza la capacidad del área de producción y ordena la maquinaria, de modo que es posible determinar la cantidad de máquinas que se puede instalar y el sitio donde se coloca; la maquinaria y el equipo nuevo que puede ser adquirido, según los cálculos realizados, es de 3 tornos, 4 fresadoras, 2 cepillos, 3 barrenos taladro y dos soladoras.
5. Una comparación de los resultados de la propuesta, respecto a la situación actual de la distribución de la maquinaria, deja ver el impacto que esta tiene en la producción, el cual se ve reflejado en la optimización de tres de los recursos más importantes del área productiva: el recurso humano, el tiempo y las materias primas o materiales. Con la propuesta se puede lograr que el operario se sienta más cómodo en la zona de trabajo y, por consiguiente, sea más eficiente en sus labores; hay menos desperdicio de materias primas y mayor control de inventarios debido al

orden en las áreas, que también favorecen en la reducción de tiempos en producción.

6. Como parte de la propuesta, se busca involucrar más al personal operativo con el manejo y control de la maquinaria y equipo; hacerle conciencia de la importancia del mantenimiento de las áreas para su propio beneficio e instarlo a reportar áreas de problema, posibles fallas o necesidades que pueda encontrar en su área laboral.

RECOMENDACIONES

1. Cuando se realiza una distribución y designación de nuevas áreas para la maquinaria de una fábrica, también, se debe señalar para que toda persona que entre al área, se adapte más fácilmente a los cambios, identifique el área de máquinas dentro del área de producción, tome las medidas necesarias al transitar y pueda percibir orden en los puestos de trabajo.
2. Mantener un constante interés en la mejora de áreas, procesos, productos, máquinas y equipos en una fábrica, colabora al éxito de la calidad. Es decir, aunque actualmente se hagan mejoras, el día de mañana puede detectarse otra mejora que realizar.
3. Para facilitar el trabajo en el rendimiento dentro de la fábrica, es indispensable contar con una adecuada iluminación; por tanto, debe dar un buen mantenimiento al sistema de iluminación.
4. Las empresas con mayor solidez, son las que asignan cierto porcentaje de las utilidades para invertir en mejoras, aun cuando no se detecta la necesidad de realizarlas; de tal suerte que cuando se presenta la oportunidad de mejorar algo, los costos no afectan la liquidez de la empresa y se pueden obtener múltiples beneficios.
5. La implementación de todo proyecto tiene ventajas y desventajas que

deben ser evaluadas y consideradas siempre como una oportunidad de mejora continua.

6. Para que el personal operativo haga buen uso de la maquinaria a su cargo o del equipo que se le asigna, es importante proporcionarles manuales o instructivos que, además de contribuir su mantenimiento de, facilita el desempeño de los trabajadores para aumentar la productividad de sus operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. BECERRA RODRÍGUEZ, Fredy. *Distribuciones de planta. En: Taller de ingeniería de métodos.* [en línea]. <<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/layout.htm>>. [Consulta: 02 noviembre de 2013].
2. PORRAS ESCOBAR, Raúl Adrian. *Implementación de sistemas de calidad para el maquinado de metales en la pequeña empresa.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala: 2004. 172 p.
3. RAMÍREZ LÓPEZ, Mario Roberto. *Diseño de un sistema de iluminación y ventilación para una empresa de moldes plásticos, en el área de producción.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 102 p.
4. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas.* 3a ed. Guatemala: Imprenta Universitaria, 2008. p. 120.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Bodega de materiales**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Redistribución de tornos**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

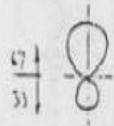
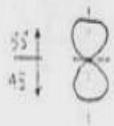
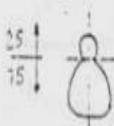
Anexo 1. **Tabla de reflectancias efectivas de cavidad de cielo y de piso en porcentajes, para el cálculo de luminarias con el método de cavidad zonal**

Reflexancia del piso % Ref. pared	90				80				70				50				30			
	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	50	30	65	50	30	10	50
	TABLA DE REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDAD DE CIELO Y DE PISO EN PORCENTAJES PARA EL CÁLCULO DE LUMINARIAS CON EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL																			
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	68	59	59	58	30	30	29	29	10
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	66	49	48	47	30	29	28	28	10
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	64	49	47	46	30	29	28	27	10
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	63	48	46	45	30	29	27	26	11
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	61	48	46	44	29	28	27	25	11
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	59	47	45	43	29	28	26	25	11
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	58	47	45	42	29	28	26	24	11
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	56	47	43	41	29	27	25	23	11
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	55	46	43	40	29	27	25	22	11
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	53	46	42	39	29	27	24	22	11
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	52	46	41	38	29	26	24	21	11
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	50	45	41	37	29	26	23	20	12
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	49	45	40	36	29	26	23	20	12
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	48	45	40	35	28	26	22	19	12
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	47	44	39	34	28	25	22	18	12
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	53	45	45	44	39	33	28	25	21	18	12
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	44	38	32	28	25	21	17	12
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	43	37	32	28	25	21	17	12
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	43	37	31	28	25	20	16	12
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	43	37	30	28	24	20	16	12
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	43	36	29	28	24	20	16	13
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	42	36	29	28	24	19	15	13
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	42	35	28	28	24	19	15	13
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	42	35	27	28	24	19	14	13
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	41	34	27	27	23	18	14	13
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	41	34	26	27	23	18	13	13
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	41	33	26	27	23	18	13	13
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	41	32	25	27	23	18	13	13
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	40	33	25	27	23	17	12	13
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	40	32	24	27	22	17	12	13
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	40	32	24	27	22	17	12	13
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	40	31	23	27	22	16	11	13
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	38	30	39	39	31	23	27	22	16	11	13
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	39	31	22	27	22	16	11	13
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	39	30	22	26	22	16	11	13
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	39	30	21	26	21	15	10	13
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	38	30	21	26	21	15	10	13
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	38	29	21	26	21	15	10	13
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	38	29	20	26	21	15	10	13
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	38	29	20	26	21	15	9	13
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	38	28	20	26	21	14	9	13
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	38	28	19	26	20	14	9	13
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	38	28	19	26	20	14	9	13
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	37	27	19	26	20	14	8	13
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	37	27	19	25	20	14	8	14
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	37	27	18	25	20	14	8	14
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	36	26	18	25	20	13	8	14
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	36	26	18	25	19	13	8	14
4.9	76	53	38	28	58	48	35	25	44	32	23	36	36	26	18	25	19	13	7	14
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	36	26	17	25	19	13	7	14

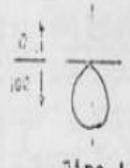
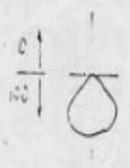
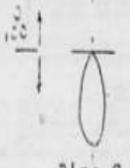
Fuente: FINK, Donald. *Manual de ingeniería eléctrica*. p. 66.

Anexo 2. Tablas para encontrar el coeficiente de utilización para algunas luminarias típicas, para el cálculo de luminarias con el método de cavidad zonal

COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN PARA ALGUNAS LUMINARIAS TÍPICAS.

Distribución típica	p _{cc}	80				70				50			30			10									
		70		50		30		10		70		50		30		10		70		50		30		10	
	RCA	Coeficientes de utilización, método cavidad zonal, p _{cc} =20																							
	1	.72	.70	.67	.65	.63	.61	.52	.51	.49															
	2	.64	.59	.56	.58	.54	.51	.46	.44	.42															
	3	.56	.51	.47	.51	.47	.43	.41	.38	.35															
	4	.50	.44	.40	.46	.41	.37	.37	.34	.31															
	5	.45	.39	.34	.41	.36	.32	.33	.29	.27															
	6	.40	.34	.30	.37	.31	.28	.30	.26	.23															
	7	.36	.30	.26	.33	.28	.24	.27	.23	.20															
	8	.33	.27	.23	.30	.25	.21	.25	.21	.18															
	9	.30	.24	.20	.27	.22	.19	.22	.18	.16															
	10	.27	.21	.18	.25	.20	.16	.20	.17	.14															
	1	.74	.71	.69	.67	.65	.63	.56	.54	.53															
	2	.65	.61	.57	.60	.56	.53	.50	.47	.45															
	3	.58	.53	.49	.53	.49	.45	.45	.41	.39															
	4	.52	.46	.42	.48	.43	.39	.40	.36	.34															
	5	.47	.40	.36	.43	.38	.34	.36	.32	.29															
	6	.42	.36	.31	.39	.33	.30	.33	.29	.26															
	7	.38	.32	.27	.35	.30	.26	.29	.25	.22															
	8	.34	.28	.24	.31	.26	.23	.27	.23	.20															
	9	.31	.25	.21	.28	.23	.20	.24	.20	.17															
	10	.28	.23	.19	.26	.21	.18	.22	.18	.16															
	1	.89	.86	.83				.73	.76	.74							.65	.64	.63						
	2	.79	.74	.69				.69	.66	.63							.58	.56	.54						
	3	.70	.64	.59				.62	.57	.54							.53	.50	.47						
	4	.62	.56	.51				.55	.50	.46							.47	.44	.41						
	5	.55	.48	.43				.49	.44	.40							.42	.38	.35						
	6	.50	.42	.37				.44	.39	.34							.38	.34	.31						
	7	.45	.37	.33				.40	.34	.30							.34	.30	.27						
	8	.40	.33	.28				.36	.30	.26							.31	.27	.24						
	9	.36	.29	.24				.32	.27	.22							.28	.23	.20						
	10	.33	.26	.21				.29	.24	.20							.25	.21	.18						

Continuación del anexo 2.

Distribución típica	P _{cc}	80				70				50			30			10		
		P _p				70 50 30 10				50 30 10			50 30 10			50 30 10		
	RCA	Coeficientes de utilización, método cavidad zonal, p _{cp} = 20																
 Tipo A	1	.86	.84	.82	.79	.84	.81	.79	.77	.77	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.69	.68
	2	.81	.77	.73	.70	.79	.75	.71	.69	.71	.69	.66	.68	.66	.64	.65	.63	.62
	3	.76	.70	.66	.62	.74	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.63	.61	.58	.61	.59	.57
	4	.71	.64	.59	.56	.69	.63	.59	.55	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.56	.54	.51
	5	.67	.59	.54	.50	.65	.58	.53	.49	.56	.52	.49	.54	.50	.48	.52	.49	.47
	6	.63	.55	.49	.45	.61	.54	.49	.45	.52	.47	.44	.50	.46	.44	.49	.45	.43
	7	.59	.50	.45	.41	.57	.49	.44	.41	.48	.43	.40	.46	.42	.39	.45	.41	.39
	8	.55	.46	.41	.37	.54	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.35
	9	.51	.43	.37	.34	.50	.42	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.35	.33	.38	.35	.32
	10	.47	.38	.32	.29	.46	.37	.32	.29	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27
 Tipo B	1	.73	.70	.68	.66	.71	.68	.67	.65	.66	.64	.63	.63	.62	.61	.61	.60	.59
	2	.67	.63	.59	.56	.66	.62	.58	.56	.59	.57	.54	.57	.55	.53	.55	.54	.52
	3	.62	.57	.52	.49	.61	.56	.52	.48	.54	.50	.47	.52	.49	.47	.51	.48	.46
	4	.58	.51	.46	.43	.57	.50	.46	.42	.49	.45	.42	.47	.44	.41	.46	.44	.41
	5	.53	.46	.41	.37	.52	.45	.40	.37	.44	.40	.36	.43	.39	.36	.41	.38	.36
	6	.50	.42	.36	.33	.48	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.34	.32
	7	.46	.38	.32	.29	.45	.37	.32	.29	.36	.32	.28	.35	.31	.28	.34	.31	.28
	8	.42	.34	.29	.25	.41	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24
	9	.39	.31	.25	.22	.38	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.29	.24	.21	.28	.24	.21
	10	.36	.28	.23	.19	.36	.27	.23	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.25	.22	.19
 Tipo C	1	.98	.95	.95					.92	.91	.90				.87	.86	.85	
	2	.94	.91	.89					.89	.87	.86				.85	.84	.83	
	3	.90	.87	.85					.87	.85	.83				.83	.82	.80	
	4	.87	.83	.81					.84	.81	.80				.81	.79	.78	
	5	.83	.80	.77					.81	.78	.76				.79	.77	.75	
	6	.81	.77	.75					.79	.76	.74				.77	.75	.73	
	7	.78	.74	.72					.76	.73	.71				.74	.72	.70	
	8	.75	.72	.69					.74	.71	.69				.72	.70	.68	
	9	.73	.69	.67					.72	.68	.66				.70	.68	.66	
	10	.70	.67	.64					.69	.66	.64				.67	.65	.63	

Fuente: FINK, Donald. *Manual de ingeniería eléctrica*. p. 68.