



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA  
MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA**

**Julio Rolando Mazariegos Morataya**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA  
MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JULIO ROLANDO MAZARIEGOS MORATAYA**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA  
MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 9 de marzo de 2017.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, enclosed within a faint oval border.

**Julio Rolando Mazariegos Morataya**



Guatemala, 11 de septiembre de 2018  
REF.EPS.DOC.762.09.18.

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Julio Rolando Mazariegos Morataya** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200611594, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de E.P.S.  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EDSZ/ra



Guatemala, 11 de septiembre de 2018  
REF.EPS.D.353.09.18

Ing. Carlos Roberto Pérez Rodríguez  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

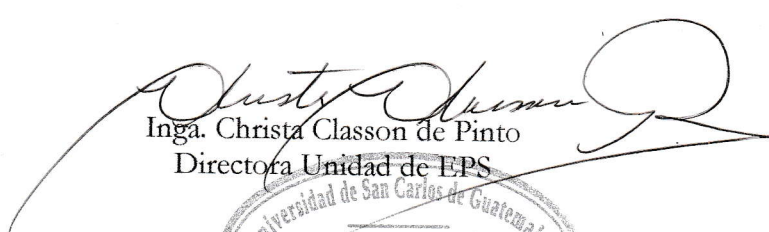
Estimado Ingeniero Pérez Rodríguez:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Julio Rolando Mazariegos Morataya** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



# USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.264.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales de Ingeniería del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA** desarrollado por el estudiante **Julio Rolando Mazariegos Morataya**, CUI **2402986830101** con Reg. Académico No. **200611594** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



MA Ing. Julio César Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701

Guatemala, noviembre de 2018

/aej



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

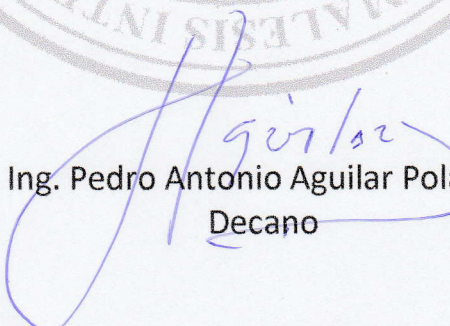


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 449.2018

El Decano 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, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE TRABAJO MULTIHERRAMIENTA PARA MECANIZAR PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA EMPRESA MUEBLES DICREA**, presentado por el estudiante universitario: **Julio Rolando Mazariegos Morataya**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2018

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por otorgarme vida, salud, fuerzas para seguir adelante y la sabiduría necesaria para escoger el mejor camino siempre.
- Mis padres** Rubén Mazariegos y Lissette Morataya que con todo su amor, sacrificio y dedicación me heredaron sus valores, me brindaron sus valiosos consejos y colocaron su total confianza en mí a lo largo de mi vida.
- Mi hermana** María José Mazariegos, por ser un ángel que alegra hasta mis días más difíciles con todo su amor, apoyo y confianza.
- Mis tías** Claudia Morataya y Mayra Gilfert, porque siempre han creído en mí y cuyo cariño y apoyo ha sido de gran importancia en mi vida.
- Eka Gilfert** Por compartir conmigo una parte de su enorme corazón con el cual me brindó una oportunidad académica muy importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por otorgarme la oportunidad de formarme como profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Por todos los recursos y aportes académicos que me llevaron a estar aquí.

**Escuela de Ingeniería  
Mecánica**

Por todos los valiosos conocimientos que me brindaron para formarme como Ingeniero Mecánico al servicio de Guatemala.

**Muebles DICREA**

Por permitirme hacer mi Ejercicio Profesional Supervisado en su empresa y realizar el presente trabajo de graduación.

**Ing. Edwin Sarceño**

Por su valiosa asesoría, colaboración y apoyo en la elaboración de este trabajo.

**Familiares y amigos**

Por ser parte de mi vida, alentarme y apoyarme en la búsqueda de mis objetivos.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Información general de la empresa .....	1
1.1.1. Descripción de la empresa y ubicación .....	1
1.1.2. Visión, misión y valores de DICREA.....	2
1.1.2.1. Visión.....	3
1.1.2.2. Misión .....	3
1.1.2.3. Valores .....	3
1.2. Organigrama general de la empresa .....	4
2. FASE DE INVESTIGACIÓN. DEMOSTRACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO .....	5
2.1 Situación actual .....	5
2.1.1. Problemática.....	5
2.2. Recopilación de datos .....	6
2.3. Análisis de tiempos y movimientos.....	7
2.4. Descripción de procesos de fabricación .....	8
2.5. Impacto económico como resultado del proyecto.....	9
2.6. Reporte del estado de la maquinaria en uso .....	11

2.7.	Análisis del mantenimiento necesario de la maquinaria en uso .....	12
2.8.	Fichas técnicas para la maquinaria existente.....	12
3.	<b>FASE TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
3.1.	Introducción.....	21
3.2.	Estudio del área de trabajo .....	22
3.3.	Procedimiento para la fabricación de piezas de madera.....	25
3.3.1.	Equipo y lugar de trabajo.....	26
3.4.	Presupuesto del proyecto.....	26
3.5.	Primera parte del proyecto: elaboración de la sierra de inglete.....	28
3.5.1.	Diseño del bastidor.....	29
3.5.2.	Diseño de los mecanismos de anclaje y mecanismos móviles .....	31
3.5.3.	Cálculo de esfuerzos para los elementos críticos ...	34
3.5.4.	Diseño de la instalación eléctrica .....	37
3.5.5.	Diseño de los accesorios.....	37
3.5.6.	Fabricación del bastidor .....	39
3.5.7.	Fabricación de los mecanismos móviles y de anclaje.....	39
3.5.8.	Adaptación de la sierra circular a la estructura fabricada.....	41
3.5.9.	Pruebas de ensayo .....	43
3.5.10.	Correcciones necesarias y calibración final.....	43
3.5.11.	Resultado final. Sierra de inglete.....	44
3.6.	Segunda parte del proyecto. Elaboración del banco de trabajo multiherramienta.....	45



3.6.1.	Diseño del bastidor para el banco de trabajo.....	45
3.6.2.	Diseño de los mecanismos de anclaje y mecanismos móviles .....	47
3.6.3.	Cálculo de resistencia a la fatiga de los mecanismos móviles .....	50
3.6.4.	Cálculo de esfuerzos para los elementos críticos...	51
3.6.5.	Diseño de la instalación eléctrica.....	56
3.6.6.	Diseño de los accesorios.....	58
3.6.7.	Fabricación del bastidor.....	62
3.6.8.	Fabricación de los mecanismos móviles y de anclaje .....	63
3.6.9.	Adaptación de las máquinas herramienta al banco de trabajo .....	66
3.6.10.	Instalación eléctrica .....	68
3.6.11.	Pruebas de ensayo.....	70
3.6.12.	Correcciones necesarias y calibración final.....	71
3.6.13.	Resultado final. Banco de trabajo multiherramienta .....	71
4.	FASE DOCENTE.TEMAS EN LOS QUE SE CAPACITÓ AL PERSONAL DE DICREA .....	73
4.1.	Herramientas nuevas para una nueva era.....	73
4.2.	Plan de mantenimiento de las nuevas herramientas .....	74
4.3.	La importancia de la seguridad industrial .....	76
4.4.	Normas de seguridad .....	77
	CONCLUSIONES .....	81
	RECOMENDACIONES.....	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87

ANEXOS.....89

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de muebles DICREA .....	2
2.	Organigrama de la empresa .....	4
3.	Comparación de tiempos y movimientos .....	8
4.	Closet C-45. Cortesía de muebles DICREA .....	10
5.	Ficha técnica sierra caladora DW318.....	13
6.	Ficha técnica router DW616 .....	13
7.	Ficha técnica barreno DW508S-B3 .....	14
8.	Ficha técnica lijadora de banda UBA-3X18A.....	14
9.	Ficha técnica moto tool MOTO-A .....	15
10.	Ficha técnica lijadora de banda LIBA-3X21N2 .....	15
11.	Ficha técnica sierra de mesa SM200L .....	16
12.	Ficha técnica barreno ROTO-1/2T .....	16
13.	Ficha técnica compresor de aire COMP-50L.....	17
14.	Ficha técnica lijadora orbital LIOR-1/4A2 .....	17
15.	Ficha técnica sierra circular 7308.....	18
16.	Ficha técnica barreno Craftsman.....	18
17.	Ficha técnica sierra circular G8893004 .....	19
18.	Ficha técnica barreno ROTO-1/2A5 .....	19
19.	Área de trabajo antes de la remodelación .....	22
20.	Área de trabajo después de la remodelación .....	23
21.	Sierra de inglete marca Bosch.....	29
22.	Bastidor sierra de inglete .....	30
23.	Diagrama de explosión bastidor sierra de inglete.....	30

24.	Diagrama de explosión brazo de sujeción.....	31
25.	Base inferior móvil y cojinetes de soporte .....	32
26.	Base móvil en diagrama de explosión.....	33
27.	Diagrama de explosión de la base ingleteadora completa.....	34
28.	Diagrama de esfuerzos que soporta el brazo.....	35
29.	Diagrama del eslabonamiento del protector .....	36
30.	Diagrama de explosión del tope - copiador .....	38
31.	Piezas que conforman la sierra de inglete .....	39
32.	Fabricación de la base móvil.....	40
33.	Estado previo de la sierra circular .....	42
34.	Despiece de los componentes de la sierra circular .....	42
35.	Sierra de inglete terminada .....	44
36.	Bastidor del banco de trabajo multiherramienta .....	46
37.	Vistas volumétricas del bastidor.....	47
38.	Diagrama de explosión de la base para taladro .....	48
39.	Diagrama de explosión del elevador de router.....	49
40.	Diagrama de explosión de los componentes del elevador .....	50
41.	Medidas de la mordaza del router.....	51
42.	Esfuerzos ejercidos sobre la rosca del tornillo de elevación .....	53
43.	Esfuerzos ejercidos sobre la palanca de carga.....	55
44.	Diagrama de conexiones eléctricas .....	56
45.	Diseño de las gavetas .....	58
46.	Diseño de guía de corte .....	59
47.	Diagrama de explosión del tope - copiador.....	60
48.	Movimientos posibles del tope - copiador .....	60
49.	Diagrama de explosión de la palanca de carga y dirección .....	61
50.	Bastidor del banco de trabajo .....	62
51.	Mesa de soporte para la lijadora de disco.....	63
52.	Vistas de palanca de carga y dirección.....	64



53.	Piezas de mordaza que sujeta al router .....	65
54.	Vistas del mecanismo de elevación del router.....	66
55.	Estado deteriorado en el que se encontró el taladro .....	67
56.	Despiece y armado del taladro restaurado .....	68
57.	Conexiones eléctricas del router y lijadora .....	69
58.	Disposición de los cordones eléctricos.....	69
59.	Bancos de trabajo multiherramienta terminado .....	72

## **TABLAS**

I.	Análisis de tiempos y movimientos .....	7
II.	Matriz de proyección de ventas vs. tiempo .....	11
III.	Presupuesto del proyecto .....	27
IV.	Referencias para el diagrama eléctrico .....	57
V.	Plan de mantenimiento para las nuevas herramientas .....	74
VI.	Plan de mantenimiento para la maquinaria en general .....	75



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>AMP</b>	Amperios
<b>Hp</b>	Caballos de potencia
<b>cm</b>	Centímetro
<b>D</b>	Diámetro
<b>P</b>	Esfuerzo de tracción
<b>F</b>	Fuerza
<b>GDL</b>	Grados de libertad
<b>Hz</b>	Hertz o hercios
<b>bpm</b>	Impactos por minuto
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Lb</b>	Libra
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>M</b>	Momento
<b>N</b>	Newton
<b>T</b>	Par o torque
<b>CFM</b>	Pies cúbicos por minuto
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>W</b>	Vatio / peso
<b>V</b>	Voltio





## GLOSARIO

<b>Abrasivo</b>	Sustancia utilizada para arrancar material mediante fricción.
<b>Balancín</b>	Pieza sólida cuyo centro se apoya en una base y sus extremos pueden bajar y subir.
<b>Bancada</b>	Pieza sólida donde descansa un eje o un objeto cilíndrico.
<b>Bastidor</b>	Estructura o armazón capaz de soportar maquinaria o equipo.
<b>Derivación</b>	Separación de una parte del todo.
<b>Flagrante</b>	Evidente, que no necesita demostración.
<b>Flexión</b>	Acción y efecto de doblar un cuerpo o alguno de sus miembros.
<b>Galga</b>	Pieza de material sólido utilizada para ajustar holgura entre cavidades.

<b>Holgura</b>	Espacio vacío que queda entre dos objetos que han de encajar una en otra o que han de ir unidas.
<b>Inglete</b>	Unión de dos piezas que forman ángulo recto.
<b>Mordaza</b>	Aparato formado por dos piezas entre las que se coloca un objeto para su sujeción.
<b>Par de torsión</b>	Es un sistema formado por dos fuerzas paralelas entre sí, de la misma intensidad pero en sentidos contrarios.
<b>Perpendicularidad</b>	condición que se da entre dos entes geométricos que se cortan formando un ángulo recto.
<b>Pivote</b>	Extremo de una pieza en la que se introduce o se apoya otra.
<b>Retráctil</b>	Pieza u objeto que puede avanzar o adelantarse y después retraerse o esconderse.
<b>Tracción</b>	Esfuerzo al que se somete un objeto cuando hay dos fuerzas que resultan opuestas y tienden, a partir de su aplicación a alargarlo o estirarlo.

## RESUMEN

Se presentan cuatro capítulos. En el primero se encuentra la información de la fábrica de muebles DICREA, estructura, generalidades y antecedentes que serán de gran ayuda para parametrizar los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto.

En el capítulo dos se darán a conocer todos los datos recopilados, tanto en el pasado como en el presente, incluyendo estudios de tiempo y movimiento de los procesos empleados en la fabricación de piezas de muebles, así como también el inventario y estado de las máquinas herramienta con las que cuenta la empresa, con la finalidad de tener un punto de partida definido.

En el tercer capítulo se presenta toda la fase de diseño y construcción del banco de trabajo multifuncional detalladamente, incluyendo problemas resueltos y resultados obtenidos en la culminación del proyecto.

Finalmente, en el capítulo cuatro se presenta información con respecto al contenido de la capacitación que se le proporcionó al personal de la empresa DICREA relacionada al correcto uso y mantenimiento del banco de trabajo, así como los parámetros y conceptos de otra capacitación sobre salud y seguridad ocupacional básica.



# OBJETIVOS

## General

Reducir en un 8 a 10 % el tiempo de fabricación y maquinado de piezas de madera aglomerada, utilizando las mismas herramientas con las que ya cuenta la empresa muebles DICREA, contribuyendo de esta manera a la solución de los problemas de entrega, sin que la empresa tenga que invertir grandes cantidades de dinero en maquinaria de banco.

## Específicos

1. Realizar un diseño de ingeniería para un banco de trabajo multifuncional que tenga la capacidad para operar de dos a tres herramientas eléctricas manuales.
2. Fabricar e implementar el banco de trabajo con materiales resistentes y económicos que no causen un impacto significativo en el capital de la empresa.
3. Diseñar un conjunto de mecanismos que permitan una mayor versatilidad en la utilización del router para poder conseguir una reducción de un 8 a 10 % en el tiempo empleado en maquinar piezas y bordes de aglomerado.

4. Diseñar un conjunto de mecanismos para adaptar una antigua sierra circular y convertirla en una sierra de inglete.
5. Diseñar e instalar una red eléctrica con protección que cumpla las funciones tanto de alimentar de energía a la maquinaria instalada en el banco, como la de poderla operar a través de interruptores accesibles al operario.
6. Elaborar el prototipo de los mecanismos diseñados para verificar su funcionamiento y aplicar correcciones, de ser necesario, antes de fabricar las herramientas en mayor escala.
7. Aumentar la productividad de los empleados, proporcionándoles capacitaciones sobre el correcto uso del nuevo banco de trabajo multiherramienta que se le proporcionará a la empresa.
8. Implementar en todo el personal de la empresa una cultura de seguridad industrial proporcionando los conocimientos necesarios e inherentes sobre la materia a través de pláticas y conferencias.

## INTRODUCCIÓN

Las herramientas siempre han formado una parte muy importante e indispensable dentro de la rama de la ingeniería mecánica, ya que antes de concebir una idea en algo físico y tangible, primero se debe poseer o ingeniar las herramientas que harán posible la realización de la idea.

En el sector mobiliario existen muchísimos nichos de mercado e increíble variedad de artículos que se fabrican por un sinnúmero de empresas alrededor del mundo. La empresa muebles DICREA es una pequeña fábrica de muebles hechos con aglomerados de madera que se especializan, por ejemplo, en gabinetes, closets, modulares, centros de entretenimiento, librerías y variadas clases de muebles de oficina. La cantidad de pequeñas, medianas y grandes empresas que se dedican a la misma gama de muebles que la empresa DICREA es bastante extensa, por lo que es indispensable mantenerse innovando constantemente tanto en sus productos como en sus procesos de manufactura.

Por las razones anteriores se llegó a la conclusión que la mejor manera de aportarle a esta empresa un beneficio real y duradero por medio del programa del Ejercicio Profesional Supervisado, sería diseñar e implementar varias herramientas que lograsen reducir los tiempos de fabricación de las piezas de aglomerado de madera y al mismo tiempo mejorarán la calidad y precisión de sus productos.





# **1. GENERALIDADES**

## **1.1. Información general de la empresa**

La fábrica de muebles DICREA nació el 20 de noviembre del 2006 como un negocio perteneciente a la economía informal fundada por el señor José Paredes, quien en ese entonces realizaba todo el trabajo, desde la labor de venta, diseño, fabricación e instalación de los muebles que vendía. Permaneció el negocio informalmente hasta el 2010 cuando una crisis en el sector inmobiliario afecto de manera terrible la economía de este negocio hasta llevarlo prácticamente a la quiebra, sin embargo, esta crisis impulso al señor José a adquirir más conocimientos sobre administración de empresas, contabilidad y mayores técnicas de fabricación y gracias a ello volvió, en el año 2015, a abrir nuevamente su negocio pero como una micro empresa formalmente establecida bajo la razón social de Comercializadora Segen y con el nombre comercial de fábrica de muebles DICREA.

### **1.1.1. Descripción de la empresa y ubicación**

La empresa inscrita como Comercializadora Segen es actualmente una pequeña fábrica de muebles que se dedica a realizar mobiliario con acabados finos y de excelente calidad produciendo principalmente gabinetes de cocina y closets en aglomerados de madera. La empresa se encuentra ubicada en la sexta avenida y once calle de la zona 6 de Mixco.

Figura 1. **Mapa de ubicación de muebles DICREA**



Fuente: Google Maps.

<https://www.google.com/maps/dir/Centro+Comercial+Montserrat,+Calzada+San+Juan,+Ciudad+de+Guatemala/14.6590033,-90.5865592/@14.6562942,-90.5895633,17z/data=!4m8!4m7!1m5!1m1!1s0x8589a031600e1331:0x5194688c79cc7e4d!2m2!1d-90.5682773!2d14.6421254!1m0>. Consulta: junio del 2017.

### **1.1.2. Visión, misión y valores de DICREA**

Para esta empresa, los valores que deben de poseer todos colaboradores son muy importantes, y por ello, la empresa posee una visión, una misión y valores definidos que se le entregan por escrito a todo el personal.

### **1.1.2.1. Visión**

Ser una de las mejores fábricas de muebles, con reconocimiento internacional por la alta calidad de sus productos y servicios, así como también, de sus diseños únicos e innovadores destacándose entre las demás principalmente por la integridad que todos sus colaboradores practican.

### **1.1.2.2. Misión**

Somos una empresa comprometida con la excelencia en la fabricación de mobiliario, donde todos y cada miembro de su equipo se integra con orgullo para alcanzar nuestro objetivo principal que es satisfacer las necesidades de nuestros clientes brindándoles productos y servicios de excelente calidad superando siempre sus expectativas.

### **1.1.2.3. Valores**

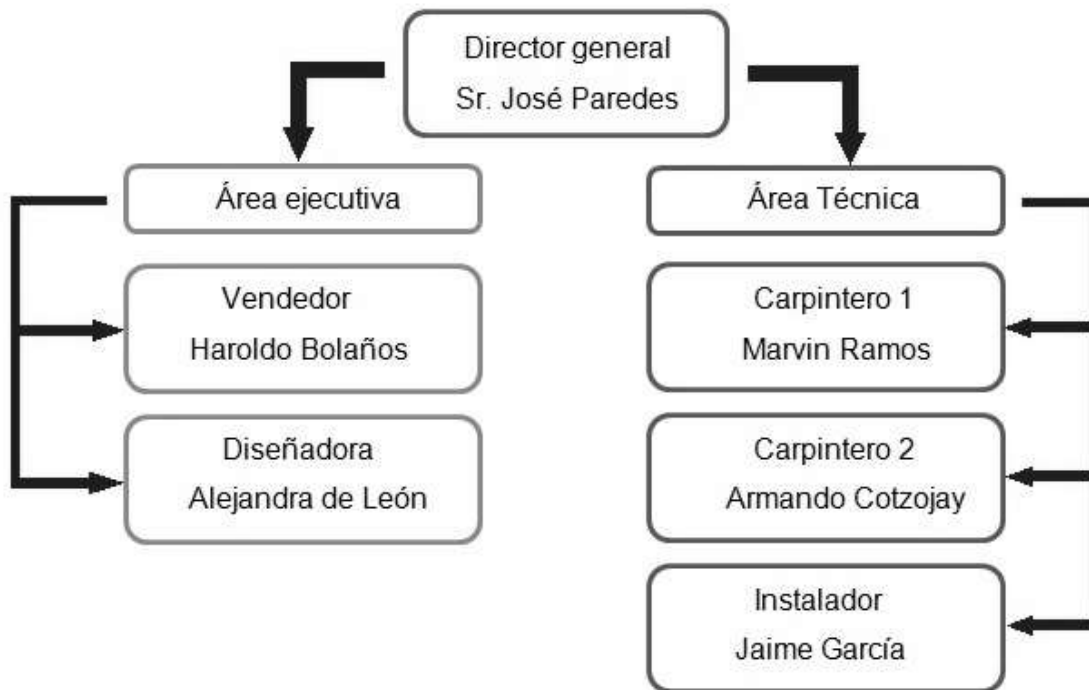
- Integridad (Siempre cumplir con lo que se promete. Jamás ofrecer algo de lo que no estemos seguros de poder cumplir y nunca sacar ventaja de alguien).
- Excelencia (Brillar en cada detalle. Nuestro trabajo debe ser de calidad superior y buscar siempre la mejora continua).
- Respeto (Todos somos iguales aunque seamos diferentes. Reconocer la dignidad de toda persona, ser educados y cordiales así como también respetar y cumplir con las normas ya establecidas).
- Solidaridad (Colaborar siempre con buena disposición, promover el desarrollo de los demás y ser sensibles a las necesidades de las personas).

- Renovación (Generar y nutrirnos de ideas nuevas, adoptarlas y ejecutarlas siendo creativos y aceptar las críticas constructivas viéndolas como oportunidades para mejorar).

## 1.2. Organigrama general de la empresa

La empresa cuenta actualmente con seis colaboradores, una diseñadora, un vendedor, dos carpinteros, un instalador y el director general.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN. DEMOSTRACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO**

### **2.1. Situación actual**

La empresa DICREA es una pequeña fábrica de muebles que actualmente tiene una demanda de productos casi 4 veces más de lo que tenía cuando inició, y a pesar de que la infraestructura y el número de empleados crecieron, tienen el serio problema de que no están cubriendo con la demanda de pedidos en ciertas temporadas donde los trabajos se acumulan y no cumplen con los tiempos de entrega. La empresa no puede contratar a más empleados debido a que el tipo de demanda en este negocio es muy fluctuante, por lo que no es conveniente ni rentable contratar más personal, ya que impactaría mucho en los costos de la empresa en las temporadas de baja demanda y tampoco tienen las facilidades económicas para invertir grandes cantidades de dinero en maquinaria más especializada o de banco que ayudaría a realizar el trabajo mucho más rápido.

#### **2.1.1. Problemática**

El principal problema de la empresa DICREA en el atraso de los tiempos de entrega de sus productos radica en que, cuando las temporadas son altas, los operarios no se dan abasto con el trabajo provocando no solo la demora en la producción sino la fatiga de los mismos.

Estos problemas radican principalmente en el hecho de que no poseen herramienta especializada que ayude en las labores de fabricación. Todos los

procedimientos se realizan con herramientas portátiles y carecen de toda maquinaria de banco. Esto es un grave problema en una fábrica de muebles, tomando en cuenta el constante crecimiento de la competencia y el aumento de los costos de producción que conlleva una fabricación lenta, sin mencionar las limitaciones en la realización de piezas complejas.

En vista de todas estas limitantes se desarrolló una propuesta para el diseño y fabricación de un banco de trabajo en donde se pudieran adaptar las herramientas manuales con las que la empresa cuenta actualmente y así mecanizar los procesos con el objetivo de mejorar los tiempos y precisión de fabricación de las piezas de cada mueble.

## **2.2. Recopilación de datos**

Para diseñar el banco de trabajo, se realizó una investigación de campo, tanto con los operarios como una entrevista con el dueño de la empresa, para identificar las necesidades que el proyecto debía suplir. Como resultado de dicha investigación se identificaron varios procesos que no se hacían de manera correcta y causaban mucho retraso por la falta de equipo, los cuales constaban de un lugar móvil para una sierra de banco, una plataforma para una fresadora para madera o también llamada router, una lijadora de disco para detalles pequeños y una sierra de inglete.

En el mercado se encuentra una cantidad moderada de bancos de trabajo, sin embargo, estos se utilizan principalmente para apoyar y sujetar objetos y poderlos trabajar, pero no hay ninguno en donde pueda alojar máquinas, herramienta manuales y mucho menos que sean multiusos.

También se investigó acerca de accesorios para las máquinas herramientas, los cuales si existen algunos tipos pero su precio es elevado y solamente se adecuan a una marca específica o un modelo específico de herramienta, en general son muy escasos por lo que no es una opción ideal.

### 2.3. Análisis de tiempos y movimientos

Debido a que existen muchas variables que pueden influir en el tiempo de fabricación de un mueble, a manera de medir los resultados tomando como referencia un parámetro, se midió el tiempo empleado en la elaboración de una sola operación y se le comparó con el tiempo empleado en realizar la misma operación con la herramienta proporcionada a través de este proyecto.

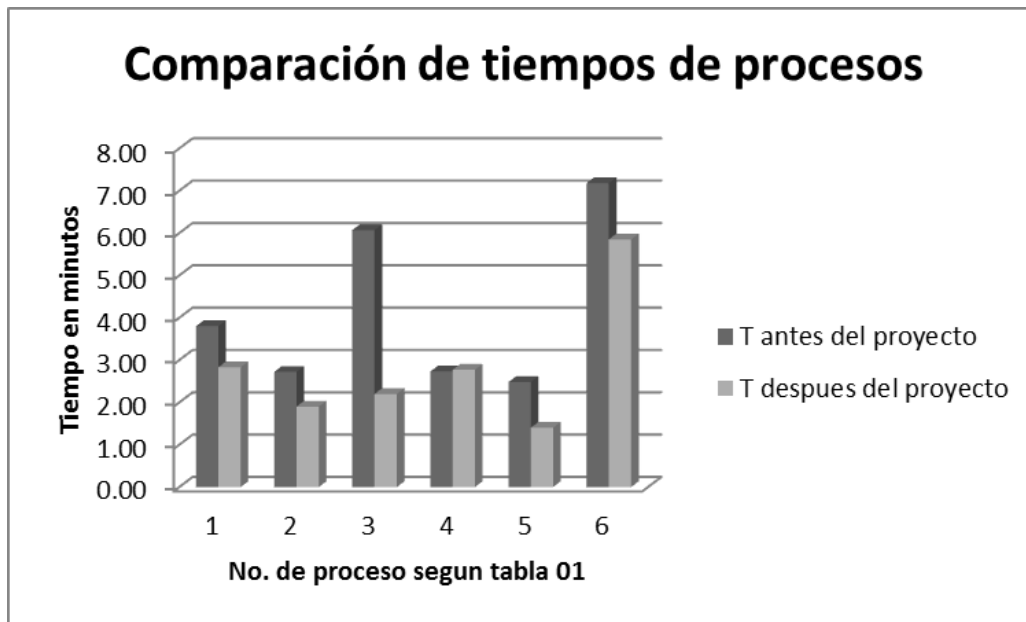
Tabla I. Análisis de tiempos y movimientos

No.	Descripción del proceso	Tiempo empleado antes del proyecto		Tiempo empleado después del proyecto	
		minutos	segundos	minutos	segundos
1	10 cortes de inglete a 90° de longitud igual a 15 cm en una pieza larga de pino con un área transversal de 1" x 2"	3	48	2	50
2	4 cortes de inglete a 45° de longitud igual a 15 cm en una pieza larga de melamina con un área transversal de 18mm x 80mm	2	43	1	54
3	reducción de 2 mm a 4 piezas de melamina con una sección transversal de 18mm x 80mm	6	4	2	12
4	fabricación de 4 piezas iguales en melamina de 5/8" de un tamaño 20cm x 15cm	2	44	2	46
5	limpieza de aserrín producto del proceso anterior	2	29	1	24
6	fresado con perfil pecho de paloma a una pieza de melamina con medidas 35cm x 18cm. Partiendo desde la puesta de la fresa en el router	7	11	5	51

Fuente: DICREA.

Después de analizar los datos se pudo comprobar que se superó por mucho el objetivo trazado de reducir en un 10 % el tiempo de fabricación de los diferentes procesos. Promediando los porcentajes en la reducción de tiempos obtenida en los procesos analizados anteriormente, da un fabuloso 30 % de ahorro de tiempo.

Figura 3. **Comparación de tiempos y movimientos**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.4. Descripción de procesos de fabricación

Básicamente el proceso de fabricación para la mayoría de piezas de muebles consta de 8 pasos, el primero consiste en medir con un flexómetro las piezas a cortar dentro del tablón de aglomerado, el segundo paso es cortar las piezas grandes con una sierra circular portátil, el tercero es cortar las piezas pequeñas en una sierra circular de banco, el cuarto paso es forrar todos los



cantos que estarán a la vista, el quinto consta de marcar y perforar todos los lugares por donde pasarán los tornillos a la hora de ensamblar las partes, el sexto paso es torneear las piezas que lo requieran, el séptimo es lijar, pulir y verificar el acabado de filos, bordes y cantos que requieran atención, el séptimo paso es marcar e instalar los accesorios como carrileros o bisagras, por último se procede en el octavo paso a ensamblar las piezas que si se puedan transportar completas como los cajones o gavetas.

## **2.5. Impacto económico como resultado del proyecto**

Analizando los pasos básicos anteriormente descritos que se llevan a cabo a la hora de realizar un mueble, la implementación del proyecto reduce el tiempo de los procesos realizados en tres de los ocho pasos. A modo de cuantificar estos resultados en dinero, se realizó una proyección en la fabricación de un solo artículo durante un mes calendario, basándose en los datos otorgados por la empresa y que se dan a conocer en la tabla II.

Antes de la implementación del banco de trabajo multiherramienta, en promedio, la empresa poseía la capacidad para fabricar un closet código C-45, como el que se muestra en la figura 4, en un período de tiempo de 16 horas sin contemplar la instalación. Este artículo posee un precio de venta de Q. 1 590,00 por lo que en 20 días hábiles, la empresa podía fabricar 10 unidades.

Con la implementación del proyecto se logró una reducción en el tiempo de fabricación del 30 % en tres de los ocho pasos que conlleva la producción de un mueble completo, lo que significa una reducción de tiempo de 11,25 % sobre el tiempo total de fabricación. Con base en estos datos, se realizó una matriz de proyección de ventas por año, tomando como parámetro de medición el tiempo de fabricación de un closet C-45, antes y después del proyecto para cuantificar

la eficiencia del mismo y obtener datos mensurables. Dicha proyección se da a conocer en la tabla II.

Figura 4. **Closet C-45. Cortesía de muebles DICREA**



Fuente: catálogo de muebles DICREA.

Tomando en cuenta que la inversión realizada por la empresa fue aproximadamente de Q. 1 000,00 en la fabricación del banco de trabajo multiherramienta y la sierra de inglete, los resultados son más que satisfactorios ya que desde el primer mes, la empresa recuperará la inversión y dentro de un año se prevé que su capacidad de fabricación aumente cerca de un 10 %.

Tabla II. **Matriz de proyección de ventas vs. tiempo**

<b>Antes de la implementación del banco de trabajo</b>				
Tiempo de fabricación por unidad	Unidades fabricadas por periodo de tiempo			
	un mes	tres meses	seis meses	un año
960 minutos	10	30	60	120
Ventas en quetzales	Q. 15 900,00	Q. 47 700,00	Q. 95 400,00	Q. 190 800,00
<b>Después de la implementación del banco de trabajo</b>				
Tiempo de fabricación por unidad	Unidades fabricadas por periodo de tiempo			
	un mes	tres meses	seis meses	un año
924 minutos	11	33	67	135
Ventas en quetzales	Q. 17 490,00	Q. 52 470,00	Q. 106 530,00	Q. 214 650,00
<b>Resultados obtenidos</b>				
Aumento en la eficiencia	9 %	9 %	10 %	11 %
Aumento en los ingresos	Q. 1 590,00	Q. 4 770,00	Q. 11 130,00	Q. 23 850,00

Fuente: elaboración propia.

## 2.6. Reporte del estado de la maquinaria en uso

La maquinaria que se utiliza para todos los procedimientos de fabricación son herramientas eléctricas de corriente alterna portátiles a excepción de una sierra circular y un taladro que si son de banco.

Durante el tiempo que la empresa ha funcionado, a ninguna máquina se le ha dado mantenimiento preventivo, sin embargo, la mayoría no se encuentra en malas condiciones pero el tiempo de vida podría ser mayor si se les efectuara mantenimiento preventivo con regularidad. Debido a la falta de mantenimiento tienen en el inventario cuatro máquinas descompuestas, siendo estos tres taladros portátiles y una sierra caladora, las cuales se encuentran en muy mal estado físico. De las herramientas que si están funcionando, un taladro portátil y una sierra circular requieren mantenimiento correctivo urgente debido a que las

dos poseen un juego considerable en el eje principal lo que no solo causa vibración excesiva e inexactitud en la calidad del trabajo, sino que pueden tornarse peligrosas y comprometer la integridad física de los operarios.

## **2.7. Análisis del mantenimiento necesario de la maquinaria en uso**

En general, toda la maquinaria necesita limpieza tanto externa como interna, cambio de carbones y una revisión detallada de los componentes para prever futuros inconvenientes. A continuación, en el apartado 2.8 se presentan unas fichas técnicas que se realizaron para llevar un mejor control de la maquinaria en donde se sugiere brevemente el mantenimiento necesario para cada máquina.

## **2.8. Fichas técnicas para la maquinaria existente**

Una de las primeras actividades que se realizaron durante el período del EPS fue identificar toda la maquinaria existente dentro del departamento de producción de la empresa por medio de fichas técnicas. Dichas fichas se presentan en las figuras 5 a 18.

Figura 5. Ficha técnica sierra caladora DW318

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 01	
Máquina:	Sierra caladora	Proveedor:	Homemart, SA		
Marca:	DeWalt	Dirección:	8 calle 27-00 zona 11		
No. Serie:	DW318	Teléfono:	2410-3500		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	50/60 Hz		
Voltaje:	120 V	Recorrido:	60 mm		
Corriente:	4,5 AMP	GPM:	0 - 3100		
Potencia:	480 W	Peso:	2.8 Kg		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>			
Alto:	21 cm	llave allen de 1/8"			
Largo:	32 cm	llave allen de 3/16"			
Ancho:	8 cm				
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento preventivo. Limpieza exterior e interior de los componentes. No se observa ningún daño o desgaste excesivo.				

Fuente: DICREA.

Figura 6. Ficha técnica router DW616

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 02	
Máquina:	Router industrial	Proveedor:	Perfiles internacionales		
Marca:	DeWalt	Dirección:	av. centro américa 21-46, z1		
No. Serie:	DW616	Teléfono:	2323-8623		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	50/60 Hz		
Voltaje:	120 V	Rotación:	24500 rpm		
Corriente:	11 AMP	Diámetro collet:	1/4", 1/2"		
Potencia:	1 3/4 Hp / 750W	Peso:	3.3 Kg		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>			
Alto:	20 cm	2 llaves especiales para husillo			
Largo:	25 cm	Base fija de aluminio			
Ancho:	16 cm				
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento preventivo. Limpieza exterior e interior de los componentes. No se observa ningún daño o desgaste excesivo.				

Fuente: DICREA.

Figura 7. Ficha técnica barreno DW508S-B3

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 03
Máquina:	<u>Barreno percutor</u>	Proveedor:	<u>Cemaco</u>	
Marca:	<u>DeWalt</u>	Dirección:	<u>Peri Roosevelt</u>	
No. Serie:	<u>DW508S-B3</u>	Teléfono:	<u>2499-9999</u>	
Funcionamiento:	<u>Eléctrico portátil</u>	Frecuencia:	<u>50/60 Hz</u>	
Voltaje:	<u>120 V</u>	Rotación:	<u>0 - 2000 rpm</u>	
Corriente:	<u>5.5 AMP</u>	Mandril:	<u>1/2"</u>	
Potencia:	<u>650 W</u>	Impactos:	<u>0 - 44200 bpm</u>	
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	<u>20 cm</u>	<u>Llave para mandril (perdida)</u>		
Largo:	<u>30 cm</u>			
Ancho:	<u>7 cm</u>			
<b>Observaciones:</b>	<u>Mar-2017. Gatillo accionador descompuesto / repuesto escaso y de muy alto costo.</u>			

Fuente: DICREA.

Figura 8. Ficha técnica lijadora de banda UBA-3X18A

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 04
Máquina:	<u>Lijadora de banda</u>	Proveedor:	<u>Cemaco</u>	
Marca:	<u>Truper profesional</u>	Dirección:	<u>Peri Roosevelt</u>	
No. Serie:	<u>LIBA-3X18A</u>	Teléfono:	<u>2499-9999</u>	
Funcionamiento:	<u>Eléctrico portátil</u>	Frecuencia:	<u>60 Hz</u>	
Voltaje:	<u>120 V</u>	Velocidad:	<u>200 m/min</u>	
Corriente:	<u>5,2 AMP</u>	Lija de banda:	<u>3" x 18"</u>	
Potencia:	<u>720 W</u>	Peso:	<u>2.9 Kg</u>	
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	<u>15 cm</u>	<u>bolsa recolectora de polvo</u>		
Largo:	<u>31 cm</u>			
Ancho:	<u>16 cm</u>			
<b>Observaciones:</b>	<u>Mar-2017. Seminueva, no requiere mantenimiento aun.</u>			

Fuente: DICREA.

Figura 9. Ficha técnica moto tool MOTO-A

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 05	
Máquina:	Moto tool	Proveedor:	Cemaco		
Marca:	Truper profesional	Dirección:	Peri Roosevelt		
No. Serie:	MOTO-A	Teléfono:	2499-9999		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz		
Voltaje:	120 V	Rotación:	12000 - 33000 RPM		
Corriente:	5 AMP				
Potencia:	140 W	Peso:	0.35 Kg		
<b>Dimensiones:</b>			<b>Accesorios</b>		
Alto:	8 cm	Manguera de extensión			
Largo:	27 cm	Caja con herramientas de corte y desgaste			
Ancho:	6 cm				
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se le realizó mantenimiento correctivo / cambio de switch de encendido y limpieza interna.				

Fuente: DICREA.

Figura 10. Ficha técnica lijadora de banda UBA-3X21N2

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 06	
Máquina:	Lijadora de banda	Proveedor:	Cemaco		
Marca:	Truper industrial	Dirección:	Peri Roosevelt		
No. Serie:	LIBA-3X21N2	Teléfono:	2499-9999		
Funcionamiento:	Eléctrica manual	Frecuencia:	60 Hz		
Voltaje:	120 V	Velocidad:	380 m/min		
Corriente:	8.3 AMP	Lija de banda:	3" x 21"		
Potencia:	1050 W	Peso:	4.5 Kg		
<b>Dimensiones:</b>			<b>Accesorios</b>		
Alto:	23 cm	bolsa recolectora de polvo			
Largo:	34 cm				
Ancho:	18 cm				
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento preventivo. Limpieza exterior e interior de los componentes. No se observa ningún daño o desgaste excesivo.				
<b>Ciclo de trabajo:</b>	50 min de trabajo por 20 min de descanso. Máximo 6 hrs. Diarias				

Fuente: DICREA.

Figura 11. Ficha técnica sierra de mesa SM200L

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 07
Máquina:	Sierra circular de banco	Proveedor:	Cencomer	
Marca:	Delta industrial	Dirección:		
No. Serie:	SM200L	Teléfono:		
Funcionamiento:	Eléctrico de banco	Frecuencia:	60 Hz	
Voltaje:	120 V	Rotación:	4700 RPM	
Corriente:	13 AMP	Diámetro disco:	10"	
Potencia:		Peso:		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	100 cm	Llave especial para tornillo de eje		
Largo:	70 cm	Guía paralela		
Ancho:	65 cm	Guía perpendicular con ángulo variable		
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento preventivo. Limpieza exterior e interior de los componentes, calibración de la guía de corte y reemplazo del protector de seguridad.			

Fuente: DICREA.

Figura 12. Ficha técnica barreno ROTO-1/2T

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 08
Máquina:	Barreno percutor	Proveedor:	Cemaco	
Marca:	Truper profesional	Dirección:	Peri Roosevelt	
No. Serie:	ROTO-1/2T	Teléfono:	2499-9999	
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz	
Voltaje:	120 V	Rotación:	0 - 2500 RPM	
Corriente:	4,5 AMP	Mandril:	1/2"	
Potencia:	550 W	Peso:	1.1 Kg	
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	25 cm	Llave para mandril de 1/2"		
Largo:	32 cm			
Ancho:	11 cm			
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento correctivo. Limpieza exterior e interior de los componentes. Posee holgura excesiva en la base del mandril.			
<b>Ciclo de trabajo:</b>	30 min de trabajo / 15 min de descanso, máximo diario 3 hrs			

Fuente: DICREA.



Figura 13. Ficha técnica compresor de aire COMP-50L

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 09
Máquina:	<u>Compresor de aire</u>	Proveedor:	<u>Cemaco</u>	
Marca:	<u>Truper profesional</u>	Dirección:	<u>Peri Roosevelt</u>	
No. Serie:	<u>COMP-50L</u>	Teléfono:	<u>2499-9999</u>	
Funcionamiento:	<u>Eléctrico móvil</u>	Frecuencia:	<u>60 Hz</u>	
Voltaje:	<u>120 V</u>	Presión máx.:	<u>800 kPa / 116 PSI</u>	
Capacidad tanque:	<u>50 Litros</u>	Flujo de aire:	<u>4,4 CFM - 40 PSI</u>	
Potencia:	<u>1875 W / 3 1/2 Hp</u>	Flujo de aire:	<u>3,4 CFM - 90 PSI</u>	
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	<u>70 cm</u>		<u>Manguera neumática de alta presión</u>	
Largo:	<u>72 cm</u>		<u>Caja de accesorios neumáticos</u>	
Ancho:	<u>40 cm</u>			
<b>Observaciones:</b>	<u>Ene-2017. Se le realizó mantenimiento preventivo. Cambio de lubricante y limpieza exterior de los componentes. Necesario reemplazar filtro de aire en el próximo servicio.</u>			

Fuente: DICREA.

Figura 14. Ficha técnica lijadora orbital LIOR-1/4A2

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 10
Máquina:	<u>Lijadora orbital</u>	Proveedor:	<u>Cemaco</u>	
Marca:	<u>Truper profesional</u>	Dirección:	<u>Peri Roosevelt</u>	
No. Serie:	<u>LIOR-1/4A2</u>	Teléfono:	<u>2499-9999</u>	
Funcionamiento:	<u>Eléctrico portátil</u>	Frecuencia:	<u>60 Hz</u>	
Voltaje:	<u>120 V</u>	Velocidad:	<u>14000 orbitas / min</u>	
Corriente:	<u>1,8 AMP</u>	Base:	<u>110 mm X 100 mm</u>	
Potencia:	<u>200 W</u>	Peso:		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>		
Alto:	<u>15 cm</u>		<u>Bolsa recolectora de polvo</u>	
Largo:	<u>18 cm</u>			
Ancho:	<u>12 cm</u>			
<b>Observaciones:</b>	<u>Mar-2017. Seminueva, no requiere mantenimiento aun.</u>			
<b>Ciclo de trabajo:</b>	<u>30 min de trabajo por 15 min de descanso. Máximo 3 hrs. diarias</u>			

Fuente: DICREA.

Figura 15. Ficha técnica sierra circular 7308

 <b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 11	
Máquina:	Sierra circular	Proveedor:	Donación
Marca:	Black & Decker	Estado anterior:	Con desperfectos pero funcionando
No. Serie:	7308		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz
Voltaje:	120 V	Rotación:	5300 RPM
Corriente:	9,0 AMP	Diámetro disco:	7 1/4"
Potencia:	1 1/2 Hp	Peso:	4 Kg
<b>Dimensiones:</b>		<b>Estado actual:</b>	
Alto:	22 cm	Funcionando correctamente	
Largo:	30 cm		
Ancho:	27 cm		
<b>Observaciones:</b>	May-2017. Se le realizó mantenimiento correctivo. Corrección de holgura excesiva que poseía en el eje de apoyo de la hoja de sierra, limpieza exterior e interior de los componentes y cambio de lubricante en la caja reductora.		

Fuente: DICREA.

Figura 16. Ficha técnica barreno Craftsman

 <b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 12	
Máquina:	Barreno	Proveedor:	Donación
Marca:	Craftsman	Estado anterior:	Funcionando pero sin espiga eléctrica
No. Serie:			
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz
Voltaje:	120 V	Rotación:	1300 RPM
Corriente:	3,0 AMP	Mandril:	3/8"
Potencia:		Peso:	0.9 Kg
<b>Dimensiones:</b>		<b>Estado actual:</b>	
Alto:	24 cm	Funcionando pero se calienta con facilidad	
Largo:	26 cm		
Ancho:	7 cm		
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Se requiere mantenimiento preventivo. Limpieza exterior e interior de los componentes. Al funcionar expulsa partículas desde el interior de la carcasa.		

Fuente: DICREA.

Figura 17. Ficha técnica sierra circular G8893004

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 13	
Máquina:	Sierra circular	Proveedor:	Heron, SA		
Marca:	Extol premium	Dirección:	52 c. 18-86 Z.12		
No. Serie:	G8893004	Teléfono:	2303-9900		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz		
Voltaje:	120 V	Rotación:	5400 RPM		
Corriente:	13 AMP	Diámetro disco:	7 1/4"		
Potencia:	1500 W	Peso:	4,2 Kg		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>			
Alto:	20 cm	Llave especial para tornillo de eje			
Largo:	34 cm	Guía metálica paralela			
Ancho:	25 cm	Posee guía laser			
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Seminueva, no requiere mantenimiento aun.				

Fuente: DICREA.

Figura 18. Ficha técnica barreno ROTO-1/2A5

 <b>DICREA</b> <small>Diseños y Creaciones</small>		<b>FICHA TÉCNICA</b>		No. 14	
Máquina:	Barreno percutor	Proveedor:	Grupo Ferrogon		
Marca:	Truper profesional	Dirección:	Blvd. El caminero 8-79		
No. Serie:	ROTO-1/2A5	Teléfono:	2431-7577		
Funcionamiento:	Eléctrico portátil	Frecuencia:	60 Hz		
Voltaje:	120 V	Rotación:	0 - 2700 RPM		
Martillo:	0 - 43200 golpes / min	Mandril:	1/2"		
Potencia:	650 W	Peso:	1.1 Kg		
<b>Dimensiones:</b>		<b>Accesorios</b>			
Alto:	26 cm	Llave para mandril de 1/2"			
Largo:	32 cm				
Ancho:	10 cm				
<b>Observaciones:</b>	Mar-2017. Seminuevo, no requiere mantenimiento aun.				
Ciclo de trabajo: 30 min de trabajo / 15 min de descanso, máximo diario 3 hrs					

Fuente: DICREA.



### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

#### **3.1. Introducción**

Con la finalidad de ayudar a resolver uno de los principales inconvenientes, que es el empleo excesivo de tiempo para la fabricación de piezas de muebles, se realizó un proyecto que proponía una solución viable, económica, eficiente y eficaz a dicha problemática, el cual consta de un banco de trabajo que alberga tres máquinas herramientas adaptadas e incorporadas al banco y una sierra de inglete que funcionaría de manera independiente del banco, de manera que el tiempo de fabricación de las piezas tuviera una reducción considerada.

Para lograr este proyecto se utilizaron cuatro máquinas herramienta con las que la empresa ya disponía, por lo que no se realizó ninguna inversión en maquinaria. De estas cuatro herramientas, dos de ellas estaban inactivas por desperfectos mecánicos y eléctricos para lo que se requirió como primer paso restaurarlas. Las otras dos máquinas se utilizaban a diario por los operarios lo que hizo un poco complicado la realización del proyecto, debido a que solo se podía trabajar con ellas después de los horarios hábiles.

A continuación se describe el trabajo detallado de todos los procedimientos realizados para cumplir con las exigencias que requería el proyecto.

### 3.2. Estudio del área de trabajo

Para diseñar e implementar cualquier clase de proyecto, lo primero que debe de hacerse es estudiar el lugar en donde se realizará y funcionará dicho proyecto. Las condiciones en que se encontró el área de trabajo, donde se implementaría el banco de trabajo no eran favorables. La posición del mobiliario y el almacenaje de herramientas causaban retrasos y reducían el espacio efectivo de trabajo por lo que se decidió remodelar y organizar la herramienta de toda el área de trabajo antes de diseñar el banco, ya que el proyecto debía poseer las medidas correctas y adaptables al espacio disponible.

Figura 19. Área de trabajo antes de la remodelación



Fuente: DICREA.

Como se puede apreciar en la figura 19, la colocación de la mesa de trabajo y la desorganización de las herramientas reducía mucho el área de trabajo por lo que habría sido imposible implementar el proyecto sin remodelar y organizar toda el área.

Figura 20. **Área de trabajo despues de la remodelación**



Fuente: DICREA.

La forma de organización que se implementó es basado en la ideología japonesa KAIZEN que consiste en una parte, que cada herramienta posee un solo lugar específico dentro del área de trabajo. Para lograr esto se aprovecharon los espacios de las paredes, donde se colocaron gabinetes aéreos pequeños para organizar las herramientas de medición, llaves y accesorios. Se fabricó un armario pequeño donde se organizó por orden de

tamaño toda la tornillería con la que se trabaja, ya que anteriormente cada tamaño de tornillo se encontraba en varias bolsas pequeñas. A cada máquina herramienta se le asignó un lugar de almacenaje y se le instruyó al operario sobre los beneficios de conservar este orden. También se pintaron las paredes de la habitación de color verde con el objetivo de crear un clima laboral equilibrado. Se mejoró la iluminación cambiando una bombilla incandescente de 75W por una lámpara fluorescente de 23W de luz cálida con un flujo luminoso de 1 380 lúmenes.

En cuanto a la instalación eléctrica, desde un principio se detectó escasez de tomas de corriente dentro del taller, lo que repercutía en la fluidez del trabajo y aumentaba significativamente los riesgos de trabajo, ya que los operarios utilizaban extensiones eléctricas, cuyos cordones se encontraban en el piso sin un lugar específico. Para resolver dicha situación sin necesidad de realizar grandes cambios e incurrir en gastos innecesarios, se realizó una derivación de la única toma de corriente que ya existía en la habitación para instalar en la pared, a una altura cómoda, una regleta de corriente con regulador de voltaje. Esta solución solamente costo Q. 75,00 pero lo más importante es que los operarios ya no pierden tiempo buscando el cordón de la extensión que antes usaban y ahora poseen una conexión de fácil acceso y más segura, tanto para ellos como para la maquinaria.

La organización de toda el área y la implementación del banco multiherramienta, da como resultado un ambiente más seguro y mucho más fácil de limpiar, reduciendo el tiempo empleado en estas acciones además de brindar un ambiente agradable de trabajo.



### **3.3. Procedimiento para la fabricación de piezas de madera**

Para la elaboración de piezas de muebles se siguen algunos procedimientos básicos después de haber calculado el material necesario para la fabricación de un específico ejemplar.

El procedimiento estándar incluye la medición con un flexómetro de las líneas guías y luego la distribución de las piezas necesarias dentro de cada tablón de madera aglomerada de 6 X 8 pies, luego se procede a realizar los cortes con una sierra circular portátil de 7 ¼" utilizando una guía de madera o metal, regularmente, las piezas cortadas por el primer proceso pasan a una sierra de mesa para cortar pedazos más pequeños y proporciona un mejor acabado. Cuando las piezas ya se encuentran cortadas a la medida de los planos en el diseño, se procede a forrar todos los cantos que sean posibles debido a que el material polimérico utilizado para forrar dichos cantos provee protección a las piezas y previene el desportillado por golpes ocurridos en la manipulación de las mismas. Después del forrado de cantos sigue la perforación de todos los agujeros por donde pasaran los tornillos y los cortes necesarios para el ensamblaje, se rebajan las piezas que lo requieran con una fresadora para madera o router, luego se forran los cantos pendientes y se avellan los agujeros realizados anteriormente. Finalmente se ensambla, total o parcialmente, el amueblado dependiendo del tamaño y tipo de instalación.

Dentro de los procedimientos también podríamos incluir la limpieza del lugar de trabajo, ya que tanto por seguridad del empleado, como de la materia prima, se deben limpiar las superficies donde se trabajarán las siguientes piezas debido a que el desperdicio y partículas sobrantes podrían causar daños a las piezas si se colocan encima o se arrastran sobre ellas, y claro, podrían causar heridas a los operarios.

### **3.3.1. Equipo y lugar de trabajo**

El taller de carpintería cuenta con un área relativamente pequeña de dos ambientes de aproximadamente 12 metros cuadrados cada uno, lo que hace que la optimización de espacio sea obligatoriamente necesario con respecto al almacenaje de las máquinas herramientas.

Cada ambiente cuenta solamente con una mesa de madera que se utiliza como banco de trabajo y una estantería para colocar las herramientas utilizadas en los procedimientos. Anteriormente las herramientas no tenían un lugar específico dentro de las estanterías por lo que se colocaban sin un orden, ocasionando con esto, demoras importantes al tratar de encontrar las herramientas que se necesitaban utilizar

Después de la remodelación realizada, descrita anteriormente, se optimizo el tiempo para ordenar las herramientas ya que se utilizó como base algunos principios del KAIZEN, por lo que ahora cada herramienta tiene su lugar y los operarios ya no pierden tiempo buscándolas cuando las necesitan.

### **3.4. Presupuesto del proyecto**

En el presupuesto presentado al dueño de la empresa para la fabricación de la sierra de inglete y el banco de trabajo multiherramienta solamente se incluyen todos los materiales que deberían comprarse no incluyendo el material de reciclaje. Lo que se presenta a continuación es el detalle de todo el material utilizado y el valor respectivo en quetzales del mismo.

Tabla III. Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO			
0,5	Plancha de Plywood fenólico de 3/4" con film café	Q 285,00	Q 142,50
1	plancha de Plywood fenólico de 1/2" natural	Q 168,00	Q 168,00
1	plancha de Plywood fenólico de 3/8" natural	Q 147,00	Q 147,00
6	barras de pino cepillado 1" x 2" x 10'	Q 16,95	Q 101,70
1	tornillos variedad	Q 200,00	Q 200,00
1	tubo liso de aluminio 3/8"	Q 9,95	Q 9,95
1	tubo liso de aluminio 5/8"	Q 19,95	Q 19,95
2	metros de cable paralelo calibre 14	Q 2,46	Q 4,92
1	cinta de aislar blanca	Q 7,65	Q 7,65
1	espiga plana negra	Q 1,85	Q 1,85
1	toma doble de corriente	Q 12,00	Q 12,00
1/6	metro de hierro plano 2" x 3/8"	Q 57,00	Q 9,50
1/4	metro de angular de 1 1/2" x 3/8"	Q 73,00	Q 18,25
1/6	metro de tubo mecanico 1/2"	Q 40,00	Q 6,67
1/6	metro de angular de 1" x 3/8"	Q 40,00	Q 6,67
1	libra de electrodo punto café 3/32"	Q 12,00	Q 12,00
1	juego de rodos de goma	Q 40,00	Q 40,00
1	carrilera blanca de 12"	Q 6,30	Q 6,30
1	carrilera blanca de 14"	Q 8,14	Q 8,14
2	carrileras blancas de 18"	Q 14,15	Q 28,30
1/3	metro de tubo cuadrado 1" x 1" chapa 20	Q 40,00	Q 13,33
1/6	metro de tubo rectangular 1" x 1 1/2" chapa 20	Q 45,00	Q 7,50
		<b>TOTAL:</b>	<b>Q 972,18</b>

Fuente: elaboración propia.

Para la fabricación del proyecto se utilizó aproximadamente un 40 % de material reciclado, siendo esta materia prima sobrante que ya existía en la empresa, reduciendo lo más posible el costo del mismo. Sin embargo, el material reciclado representa un poco menos de Q. 600,00 por lo que, de no haber utilizado material reciclado, se habría gastado cerca de Q. 1 600,00 en la elaboración del mismo proyecto, sin tomar en cuenta las máquinas eléctricas.

Como ya se pudo observar en el capítulo 2 de este informe, la recuperación de la inversión es mayor, aun si solo se hubiese utilizado material nuevo.

### **3.5. Primera parte del proyecto: elaboración de la sierra de inglete**

Para suplir todas las exigencias que conlleva la fabricación de un mueble y reducir el tiempo de los procesos que se realizan para el mismo, se tomó la decisión de realizar un banco de trabajo con capacidad de albergar tres máquinas herramienta junto con sus accesorios y una sierra de inglete que funcionaría de manera independiente del banco con su propio bastidor.

Lo primero que se realizó por orden de necesidad fue la sierra de inglete. Para fabricar dicha sierra se utilizó una sierra Black & Decker que se encontraba inactiva debido a que poseía juego axial en el eje y esto provocaba que la sierra se desviara durante el corte produciendo cortes torcidos, inexactos y de mala calidad. Para utilizar esta sierra se le efectuó un mantenimiento correctivo que se describirá en el subtítulo 3.5.8.

Para empezar se definirá que una sierra de inglete es una herramienta que posee la capacidad para hacer cortes transversales y cortes en diferentes ángulos permitiendo a los artesanos construir esquinas y crear bordes biselados. En la figura 7 se puede apreciar un ejemplo de una sierra de inglete marca Bosh que se vende normalmente en comercios de herramientas. A pesar que son herramientas muy útiles, no se encuentran en todos los talleres debido a que su valor es alto.

Figura 21. **Sierra de inglete marca Bosch**



Fuente: Catálogo de productos INFER. <http://www.infer.com.mx/producto/bosch-gcm12-sierra-de-inglete-12/>. Consulta: enero 2017.

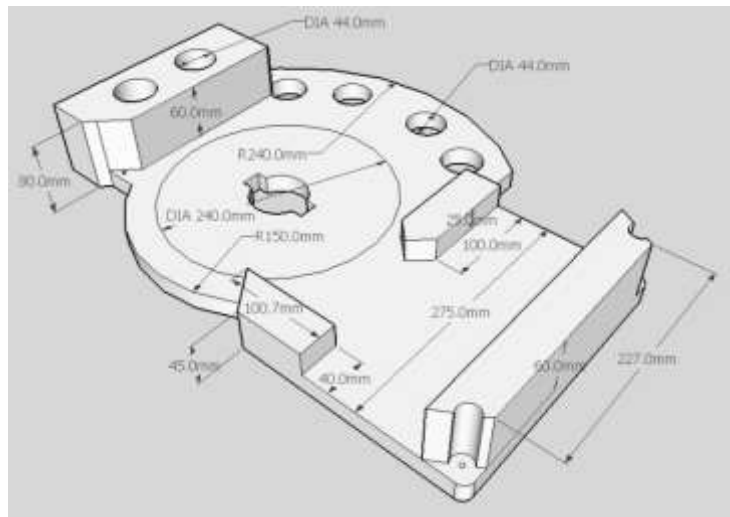
### **3.5.1. Diseño del bastidor**

La sierra de inglete se diseñó con una base que tiene la capacidad de albergar un cubo cilíndrico con la finalidad de variar el ángulo de inglete de una manera fácil y rápida. Figura 22.

Luego se diseñaron las piezas de la superficie de trabajo que estarían alineadas al cubo móvil. Estas piezas cumplen la función de soportar horizontalmente el material a cortar y de proveer un apoyo perpendicular a la hoja de sierra. De los dos apoyos verticales, el apoyo derecho es móvil para proveer el mismo agarre al material cuando se requiere cortar en ángulos diferentes a  $90^{\circ}$  sin peligro de que la hoja de sierra haga contacto con dicho apoyo y también para soportar piezas un poco más grandes que la misma

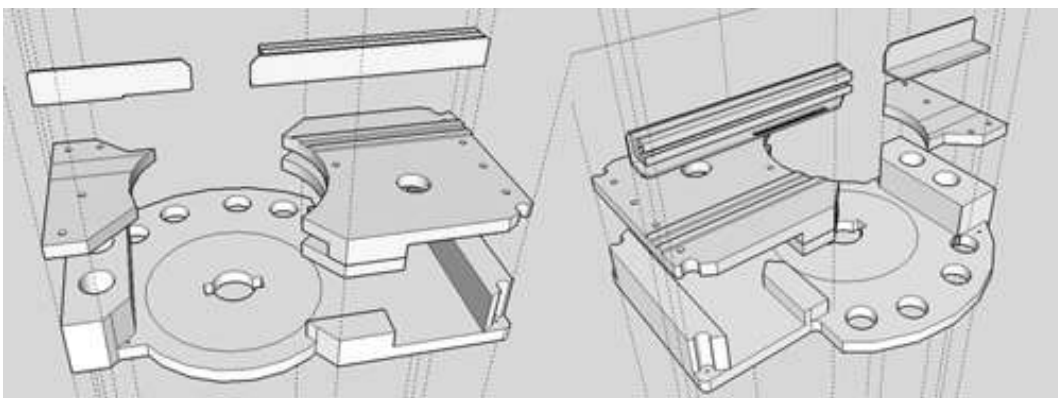
superficie. En la figura 23 se pueden apreciar las superficies de apoyo paralelas y las superficies de apoyo perpendiculares.

Figura 22. **Bastidor sierra de inglete**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Figura 23. **Diagrama de explosión bastidor sierra de inglete**

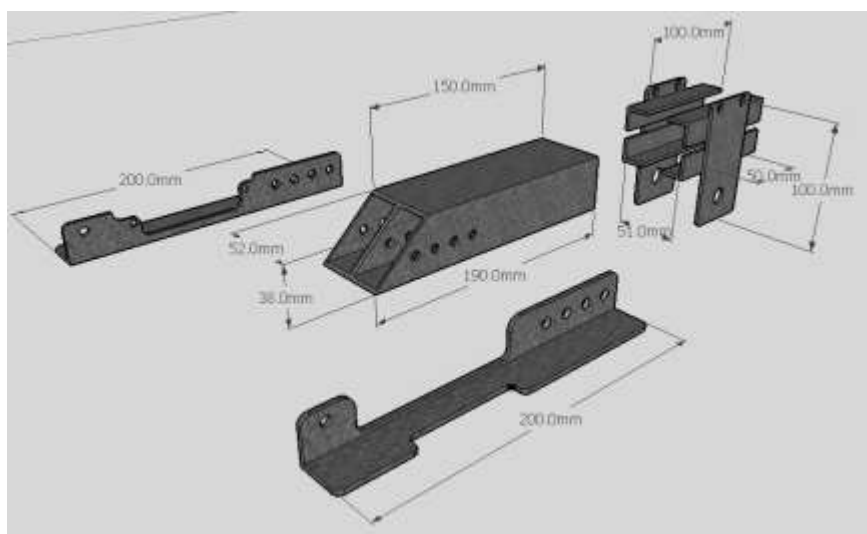


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

### 3.5.2. Diseño de los mecanismos de anclaje y mecanismos móviles

Debido a que esta sierra de inglete en particular es una adaptación de una sierra circular normal de 7 ½”, había que diseñar un brazo que cumpliría la función de pivote en un punto para el abatimiento correcto de la sierra y que al mismo tiempo tuviera la capacidad de soportar el peso de la máquina herramienta y soportar también las fuerzas a las que sería sometida. La mejor opción en relación solidez – economía se optó por el diseño de un brazo metálico fabricado de perfiles de hierro comercial. Se analizó la carcasa de la sierra circular y se calculó dos piezas de angular de 1” con las perforaciones exactas para hacerlas coincidir con los tornillos originales de la sierra de manera que esta pudiera sujetarse firmemente sin alterar ni dañar la carcasa de la herramienta. En la figura 24 se presentan las piezas que conforman el brazo de sujeción de la sierra circular junto con el soporte que funciona de pivote.

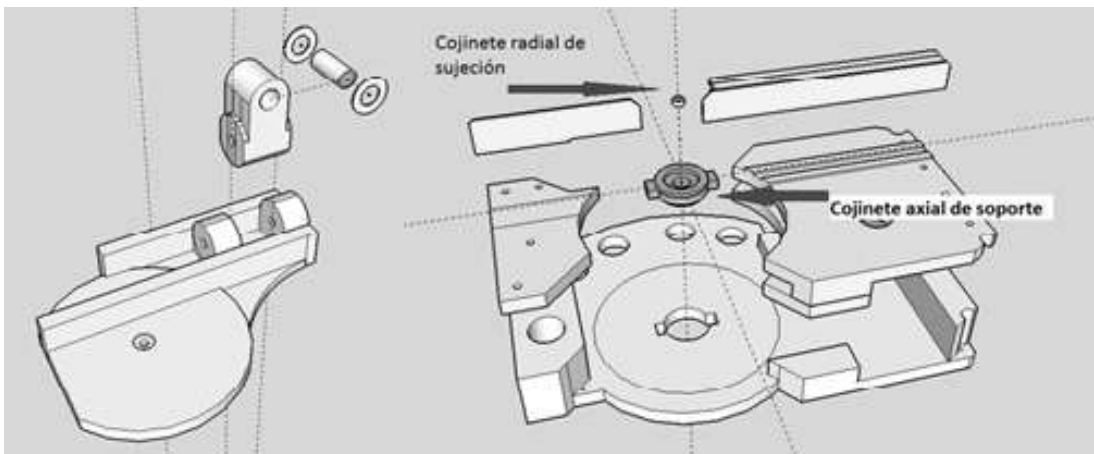
Figura 24. Diagrama de explosión brazo de sujeción



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

La principal función de una sierra de inglete es que dicha herramienta sea capaz de realizar cortes a diferentes ángulos, por lo que en el diseño debía incluirse alguna forma para variar el ángulo de la hoja de la sierra de una manera fácil, exacta y segura, sin necesidad de mover la base fija ya que en esta es donde se asegura la pieza a cortar. Para resolver este requerimiento de funcionalidad se decidió realizar una base móvil (figura 25. Izquierda) que albergaría a la máquina herramienta junto con los dos mecanismos de brazos articulados necesarios para que funcione. Para que la base pudiera moverse con facilidad se agregó al diseño un cojinete de carga axial que soportaría el peso total de la base móvil así, como el de la máquina herramienta y también posee un cojinete de carga radial pequeño por medio del cual se puede sujetar con fuerza la base móvil a la base fija. (figura 25. Derecha)

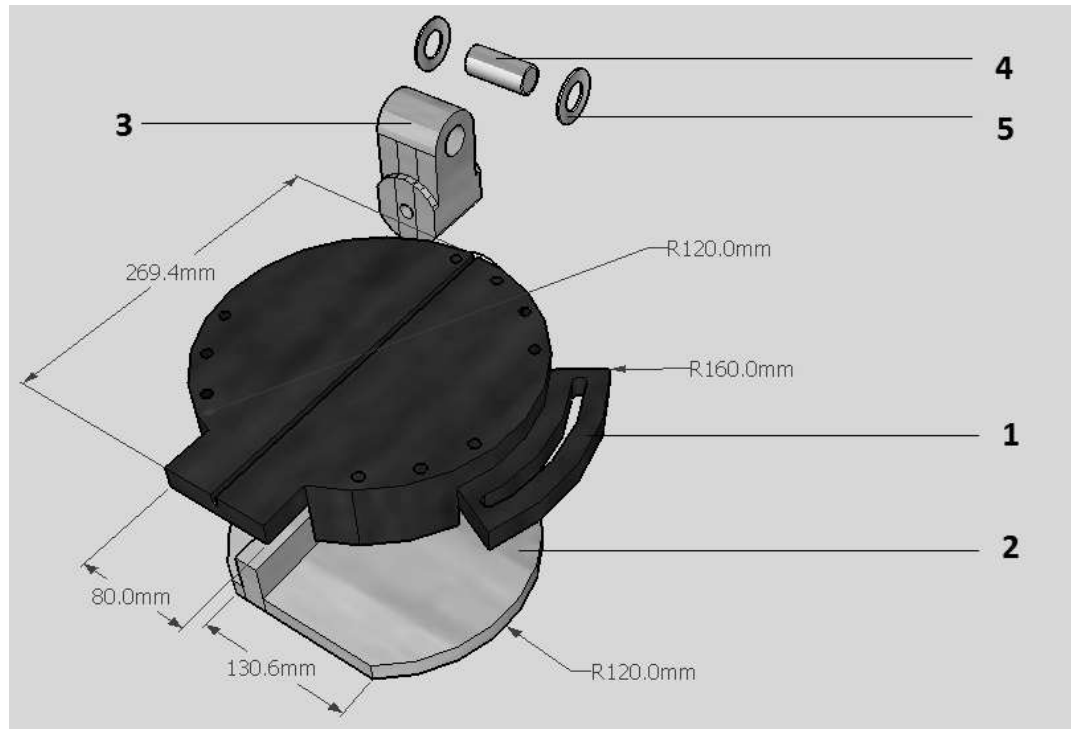
Figura 25. **Base inferior móvil y cojinetes de soporte**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.



Figura 26. Base móvil en diagrama de explosión

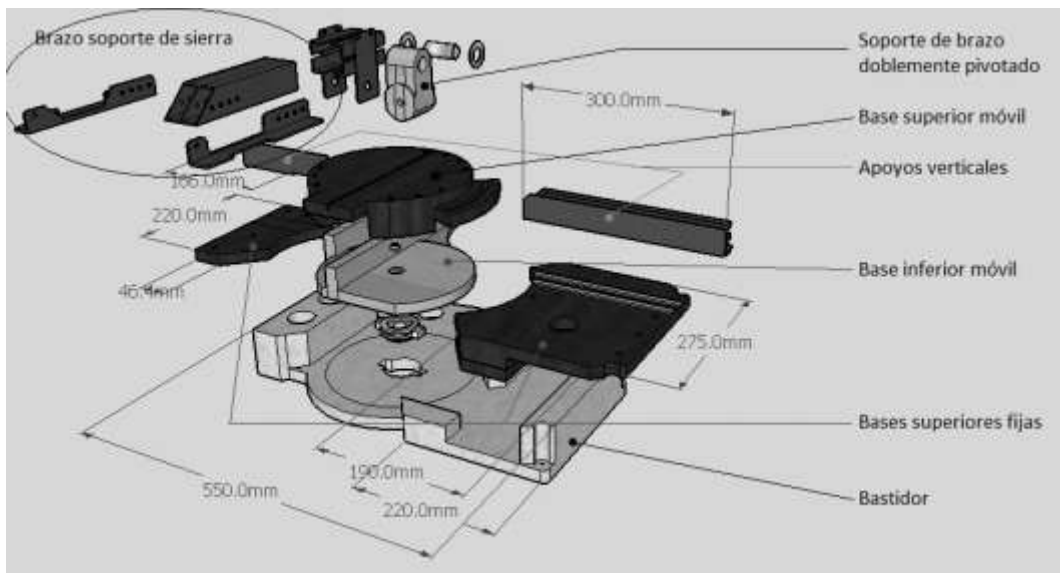


Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Como se puede apreciar en la figura 26, la pieza #1 es la base móvil superior, la pieza #2 es la base móvil inferior acoplada a la base superior por medio de tornillos, la pieza #3 es un soporte doblemente pivotado que cumple con dos funciones, el pivote grande en donde se alojan las piezas #4 eje y #5 galgas, que sirve para soportar el brazo que sujeta a la sierra circular y proveer el movimiento de abatimiento necesario. El pivote pequeño que se conecta con la base móvil inferior solamente sirve para calibrar perpendicularmente la hoja de sierra con respecto a las bases superiores en donde se aseguran las piezas a cortar.

La base superior móvil posee una pestaña en voladizo que encaja en un riel de la base fija superior derecha con una holgura de 0,2 mm, cuya función es fijar la base móvil a la base fija cuando ya se ha determinado el ángulo de corte por medio de un tornillo alojado en la superficie de la base fija derecha. Sin esta pieza, la base móvil giraría sobre su eje por efecto de la vibración que causa la sierra al ser accionada.

Figura 27. Diagrama de explosión de la base ingleteadora completa



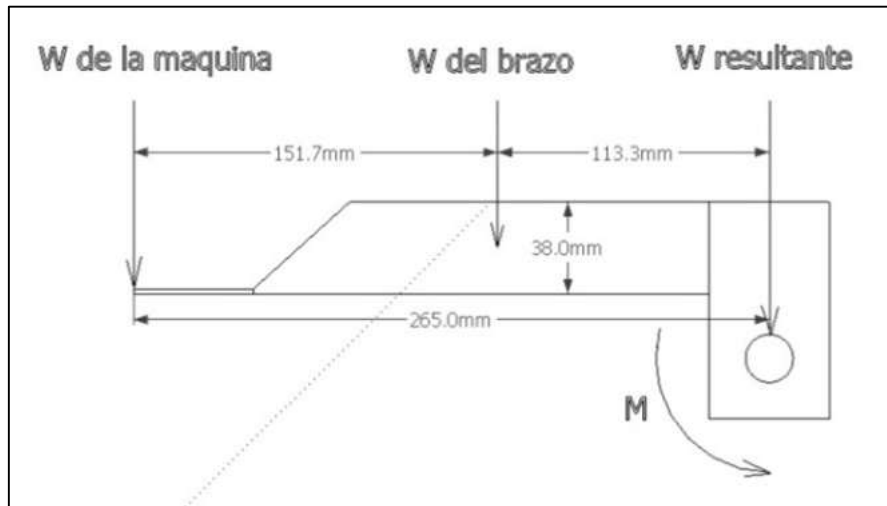
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

### 3.5.3. Cálculo de esfuerzos para los elementos críticos

Determinación de las fuerzas sobre la base del brazo de la sierra:

$$\sum F_y = 0 \quad F_y = 0,8Kg \left( 9,8 \frac{N}{Kg} \right) + 4Kg \left( 9,8 \frac{N}{Kg} \right) \quad F_y = 47,04 \text{ N}$$

Figura 28. Diagrama de fuerzas que soporta el brazo



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

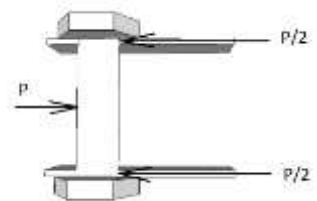
$$\sum M=0$$

$$M = 0,8Kg \left( 9,8 \frac{N}{Kg} \right) \left( \frac{1}{3} 0,04m + \frac{1}{2} 0,15m \right) + 4Kg \left( 9,8 \frac{N}{Kg} \right) (0,24m)$$

$$M = 10,1 Nm$$

- Cálculo del esfuerzo de corte que sufre el pasador del brazo:

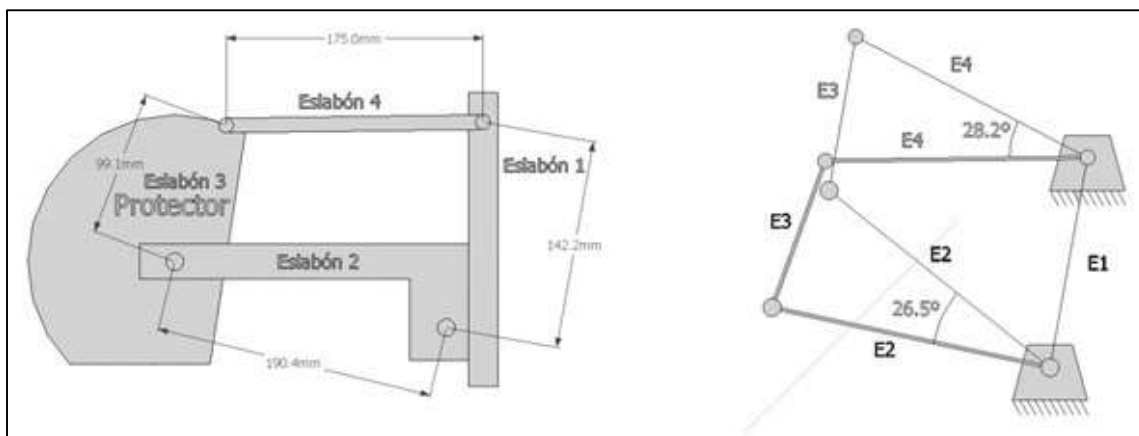
$$T = \frac{P}{A} = \frac{47N(0,5)}{\pi(21mm)^2} = 0,02 \frac{N}{mm^2}$$



Lamentablemente el proveedor que vendió la barra roscada que se utilizó para esta pieza no supo proporcionar las propiedades mecánicas de la misma, por lo que se acudió a las Normas ISO 898-1 donde especifica que la resistencia a la tracción nominal de un tornillo de clase 4,8 es de 400 N/mm<sup>2</sup>. Con base en esta información y comparándola con el esfuerzo de corte al que estará sometido el pasador de la sierra de inglete, se puede descartar fallas en el mismo ya que el resultado es de un 0,01 % de la capacidad.

- Cálculo y diseño del mecanismo articulado que acciona el protector de la sierra de inglete:

Figura 29. Diagrama del eslabonamiento del protector



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

*si  $S + L \leq P + Q$  es un eslabonamiento de Grashof*

Determinación de la clase de eslabonamiento:

S = longitud del eslabón más corto

L = longitud del eslabón más largo

P y Q = longitud de los eslabones restantes

$$99 \text{ mm} + 190 \text{ mm} \leq 175 \text{ mm} + 142 \text{ mm}$$

$$289 \text{ mm} \leq 317 \text{ mm}$$

Determinación de los grados de libertad:

$$\text{GDL} = 3(L-1) - 2J_1 - J_2$$

$$\text{GDL} = 3(4-1) - 2(4) - 0$$

$$\text{GDL} = 1$$

Donde: L = número de eslabones

J<sub>1</sub> = número de juntas completas

J<sub>2</sub> = número de semijuntas

#### **3.5.4. Diseño de la instalación eléctrica**

En el caso de la sierra de inglete no hubo necesidad de realizar ninguna instalación eléctrica, ya que se utilizó el mismo cordón eléctrico que trae por defecto, sin embargo, si se realizó un test de continuidad para verificar que el cable no tuviera fracturas internas y garantizar que el flujo de energía hacia la herramienta fuera continuo.

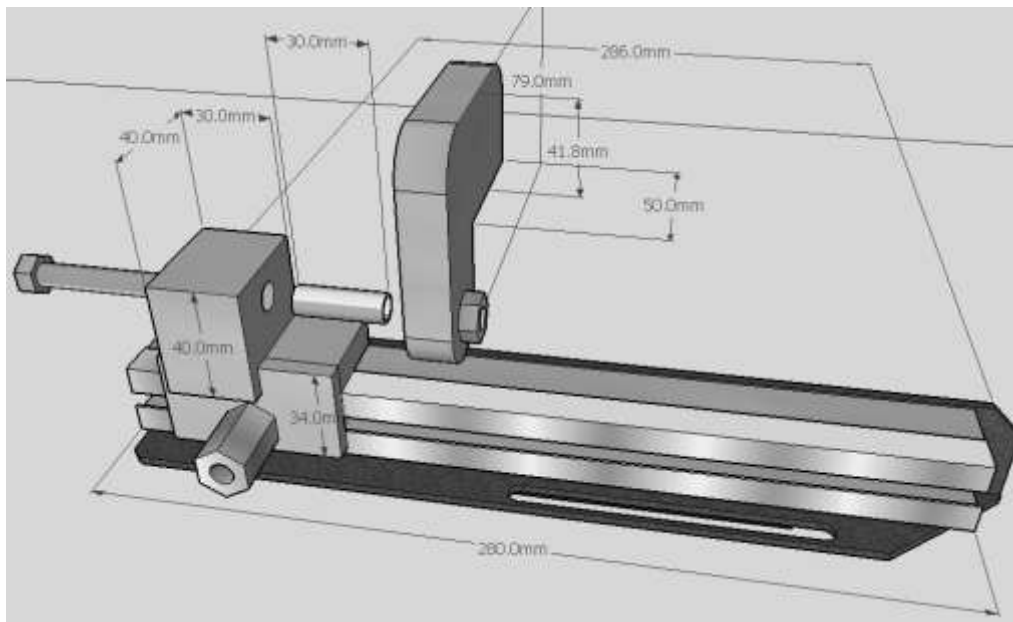
#### **3.5.5. Diseño de los accesorios**

Para la sierra de inglete se diseñó un tope - copiador que no es más que un accesorio con el cual se puede cortar varios trozos del mismo tamaño sin necesidad de estar midiendo cada uno. Este accesorio consta de un riel guía que se encuentra sujeto por medio de tornillos al apoyo vertical derecho de la sierra de inglete. En el riel anteriormente dicho, se desliza un balancín manual

que el operario puede bajar para cuando necesite cortar piezas de un mismo tamaño, solamente debe ajustar el tope o balancín a la medida requerida.

El copiador tiene una capacidad limitada para cortar piezas desde 10 cm hasta 38 cm de longitud si se utiliza la graduación del apoyo vertical en conjunto, lo que para una sierra convencional de inglete es muy bueno y fuera de los estándares comerciales. El tope - copiador es un accesorio muy sencillo que provee una gran ayuda para agilizar los procesos de producción. La mayoría de sierras de inglete que se venden en el mercado no posee esta clase de accesorios, por lo que es una ventaja adicionalmente al ahorro conseguido en comparación con comprar una ingleteadora nueva.

Figura 30. **Diagrama de explosión del tope – copiador**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

### 3.5.6. Fabricación del bastidor

Para el bastidor de la sierra de inglete se utilizó varias clases de aglomerado, siendo estas plywood fenólico de  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ", MDF de  $\frac{1}{2}$ " y aglomerado natural. El bastidor es desarmable y las piezas están unidas mediante tornillos lo que facilita cualquier reparación o ajuste que sea necesario en el futuro. En la figura 31, a la izquierda, se pueden apreciar las superficies de trabajo y a la derecha se presentan todas las piezas que conforman la sierra de inglete incluyendo la sierra circular que se utilizó para la adaptación.

Figura 31. **Piezas que conforman la sierra de inglete (derecha)**



Fuente: elaboración propia.

### 3.5.7. Fabricación de los mecanismos móviles y de anclaje

La sierra de inglete posee varios mecanismos móviles debido a la complejidad de su funcionamiento desde una perspectiva de diseño. En primer lugar, posee movimiento rotacional de la superficie de trabajo sobre un eje central que coincide con el eje de la sierra, un movimiento rotacional sobre la base del brazo que permite calibrar la perpendicularidad de la hoja de sierra con

respecto a la superficie de trabajo, un movimiento rotacional que cumple con la función de bajar y subir la sierra, un mecanismo de barras articuladas que permite cubrir la hoja de sierra con un protector cuando esta sube y finalmente un movimiento de traslación que posee la guía o apoyo vertical sobre el material de trabajo. En la figura 32 se muestran las piezas que conforman la base móvil. Esta base es la que soporta el peso y las fuerzas que se generan a la hora de cortar y también se encarga de proveer el ángulo variable de corte.

Figura 32. **Fabricación de la base móvil**



Fuente: elaboración propia.

Para la fabricación del brazo se optó por piezas metálicas debido a que es el único material que soportaría las fuerzas a las que es sometido dicho mecanismo. Para el brazo se utilizó perfiles de hierro comercial como tubo rectangular de 1 x 1 ½" chapa 20, hierro plano de 2" x 3/8", angular de 1" x 3/8". El brazo es el encargado de sostener con firmeza a la sierra circular y



proporcionar el movimiento abatible que la hoja de sierra debe poseer. La sierra posee un cobertor de hoja que evita que el operario este en contacto con la hoja de sierra al momento de subir el mecanismo y este cobertor se contrae cuando la sierra baja a un ángulo exacto justo para que la sierra corte el material sin que se atasque el mecanismo.

Otras piezas fabricadas en metal, fueron los dos apoyos verticales que sirven para sostener con firmeza la pieza de trabajo y en el caso del apoyo izquierdo que sirve también para sostener a la guía del copiador.

### **3.5.8. Adaptación de la sierra circular a la estructura fabricada**

Para esta invención se adaptó una sierra circular marca Black & Decker utilizada para fabricar una sierra de inglete. Los ángulos de corte más utilizados en la fabricación de muebles son  $90^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$  y  $45^{\circ}$ , por lo que son los ángulos que se imprimieron en la escala graduada de dicha sierra.

El primer paso para la adaptación de la sierra a la base que se diseño fue realizar un mantenimiento correctivo a la sierra circular, ya que esta poseía un juego axial que provocaba inexactitud en los cortes y un riesgo potencial debido a la vibración excesiva. También se realizó una limpieza general a todos los componentes externos e internos de la máquina.

Figura 33. Estado previo de la sierra circular



Fuente: DICREA.

Figura 34. Despiece de los componentes de la sierra circular



Fuente: DICREA.

### **3.5.9. Pruebas de ensayo**

Para comprobar el funcionamiento de la sierra de inglete se realizaron cortes a  $90^\circ$ ,  $30^\circ$  y  $45^\circ$  utilizando como guía la escala de la sierra dando como resultado en la primera prueba un error de  $2^\circ$  aproximadamente en el corte perpendicular a la pieza y una desviación de  $4^\circ$  en el corte paralelo a la hoja de sierra.

### **3.5.10. Correcciones necesarias y calibración final**

Con base en los resultados obtenidos en la primera prueba de la sierra de inglete, fue necesario correr 1 mm la escala graduada de los ángulos de corte perpendicular, corrigiendo de esta forma la desviación de  $2^\circ$ . Para esta corrección fue necesario desarmar la base y superficie de trabajo izquierda, debido a que esta base funciona como tope rápido para los cortes a  $90^\circ$  por lo que hubo que desgastarla 1 mm. La perpendicularidad de la hoja de sierra se corrigió por medio del tornillo de graduación que posee en la parte inferior del brazo, ayudado con una escuadra, se calibró hasta lograr un corte sin la desviación de  $4^\circ$  mencionada anteriormente. Fue necesario calibrar el apoyo vertical de las piezas de trabajo, ya que entre la izquierda y la derecha existía una desviación de 1 mm por lo que las piezas a cortar no se podían sostener con toda la fuerza debido a que quedaban torcidas.

Luego de realizar todas estas correcciones se llevó a cabo otra prueba en la que se comprobó la calibración obteniendo un resultado positivo.

### 3.5.11. Resultado final. Sierra de inglete

La sierra de inglete que se diseñó y se implementó como proyecto de graduación de EPS, posee las siguientes funciones y características:

- El operario puede realizar cortes a  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $30^\circ$  con una desviación de 0,5" en piezas de madera y aglomerado no mayores a 8 cm de ancho y 4 cm de alto.
- Se pueden realizar varias piezas con la misma medida de longitud gracias al tope copiadador.
- Las operaciones de corte se pueden realizar con total seguridad debido a que el mecanismo de eslabones implementado cumple la función de cubrir la hoja de sierra cuando la máquina se encuentra arriba y descubre de manera precisa la hoja de sierra cuando la máquina va bajando evitando que el cobertor haga contacto con el material pero sin dejar de proteger al operario de hacer contacto con la hoja propiamente dicha.

Figura 35. **Sierra de inglete terminada**



Fuente: DICREA.

### **3.6. Segunda parte del proyecto. Elaboración del banco de trabajo multiherramienta**

Para construir un buen banco de trabajo con capacidad de alojar tres máquinas herramientas se necesitaban características como: robustez, versatilidad, movilidad sin perder estabilidad, fácil de utilizar, de tamaño pequeño, funcional y sobre todo, económico.

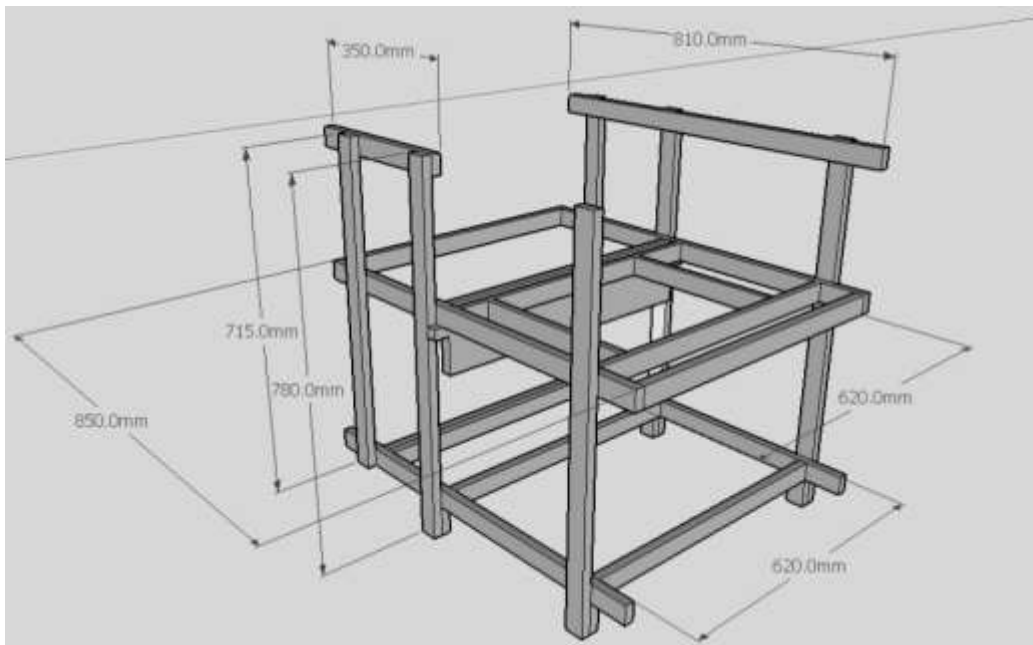
A continuación se presenta el proceso por medio del cual se logró conseguir un diseño que cumple con todas estas características y la forma en que se implementó el banco de trabajo para la fábrica de muebles DICREA.

#### **3.6.1. Diseño del bastidor para el banco de trabajo**

Para este bastidor se optó por un diseño cúbico compuesto por vigas y columnas que facilitarían el anclaje y la adaptación de todos los componentes, además de facilitar la extracción de piezas, ya sea para reemplazo por daño o para realizar algún mantenimiento enfocado a una herramienta específica sin necesidad de desarmar todo el banco. Uno de los principales desafíos que se debían superar, por requerimiento de la empresa, fue que el banco de trabajo debía de poder trasladarse de lugar sin mayor inconveniente y de ser posible que fuera solo por una persona. Lo lógico a primera vista era proveer de rodos a toda la estructura para que se pudiera trasladar de un lugar a otro con un simple empujón, pero el inconveniente es que la estabilidad se vería comprometida ya que al tomar en cuenta las fuerzas a las que es sometida cada una de las herramientas, fue sencillo notar que los rodos no era una opción viable.

La solución a este reto, fue instalar rodos semiflotantes en solamente una parte de la estructura y se fabricó una palanca con ruedas direccionales para controlar el movimiento de traslación desde el punto contrario a los rodos, consiguiendo con esto que toda la masa pudiera ser trasladada por una sola persona sin mayor esfuerzo.

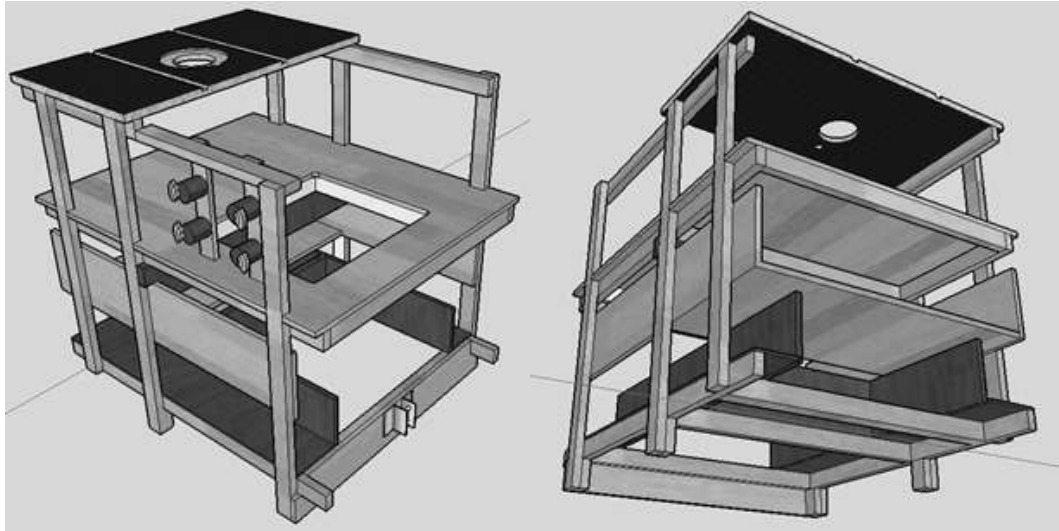
Figura 36. **Bastidor del banco de trabajo multiherramienta**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

El diseño del bastidor en forma tubular es capaz de soportar todos los componentes de una forma ordenada e independiente de manera que se pueden retirar la mayoría de los componentes sin necesidad de desarmar por completo el banco, sin embargo, debido a que está construido de madera, la solidez y robustez se alcanza en conjunto con las piezas de soporte de accesorios.

Figura 37. **Vistas volumétricas del bastidor**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

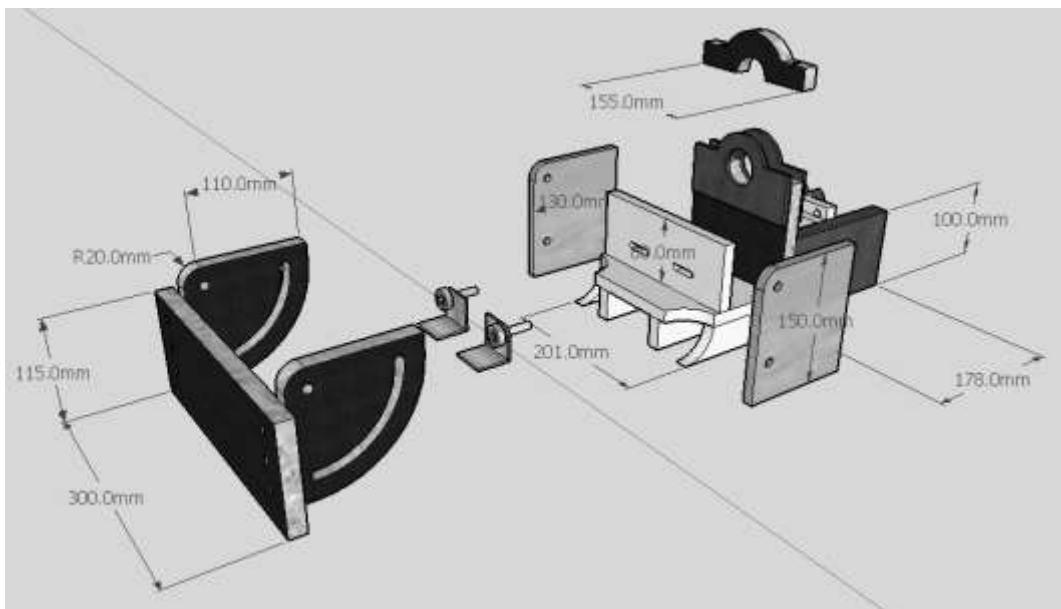
### **3.6.2. Diseño de los mecanismos de anclaje y mecanismos móviles**

Todos los mecanismos se explicarán por componente para una mayor comprensión. El banco posee un diseño básico de tres niveles formados por plataformas, la primera plataforma funciona como soporte de toda la estructura cuando el banco está elevado y en movimiento ya que cuando está asentado, son las cuatro columnas estructurales las que soportan todo el peso. La segunda plataforma se diseñó con el propósito de sujetar las tres máquinas herramienta que se adaptarían. La última plataforma cumple la función de ser la superficie de trabajo además de soportar la guía de corte y fresado.

Para utilizar un taladro como una lijadora radial se necesitaba diseñar una base que soportará el cuerpo del taladro de una manera estable y que a la vez fuera posible realizar la desinstalación e instalación del taladro de una manera

no muy complicada para cualquier futuro mantenimiento preventivo o correctivo que se le necesite hacer a dicho taladro. Esta base también tendría que poseer una superficie de apoyo para trabajar las piezas a lijar de una manera estable y segura. El diseño final fue una mesa de apoyo retráctil y una base para taladro de geometría adaptable con el objetivo de instalar cualquier marca de taladro, sin necesidad de realizar modificaciones a la base propiamente dicha.

Figura 38. Diagrama de explosión de la base para taladro



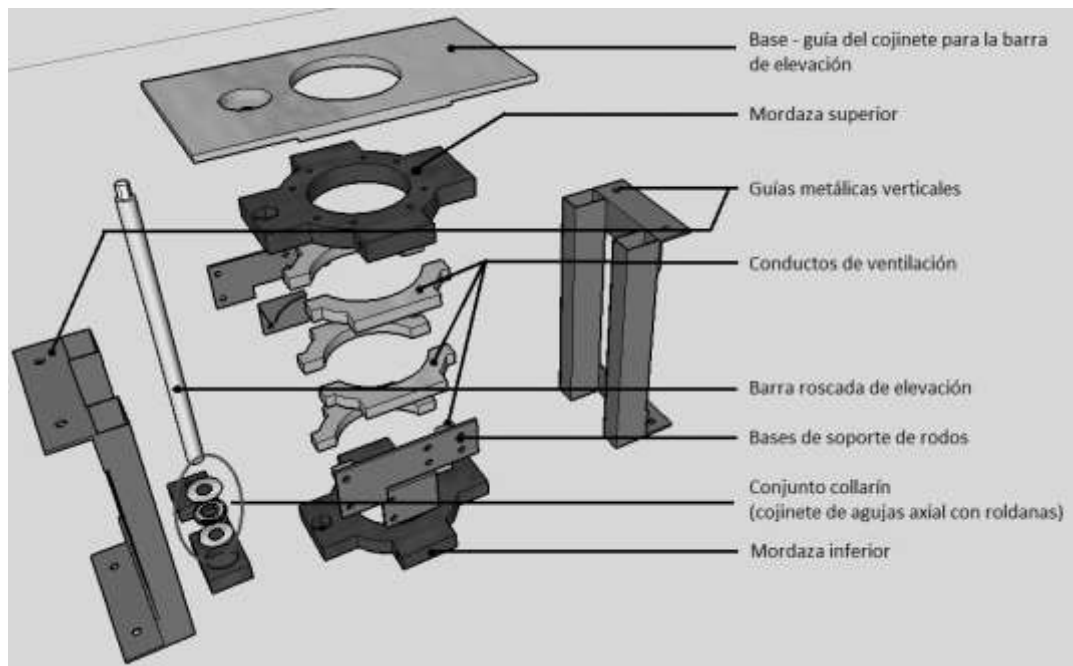
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

En la base donde está instalada la mesa de apoyo retráctil, se colocaron dos cojinetes radiales pequeños con distancia entre centros ajustable para soportar al disco de lija y disminuir las vibraciones causadas por el desbalance del mismo. El desbalance es ocasionado por falta de exactitud en la fabricación del mismo, debido a que se careció de un torno para pulir la circunferencia de dicho disco.



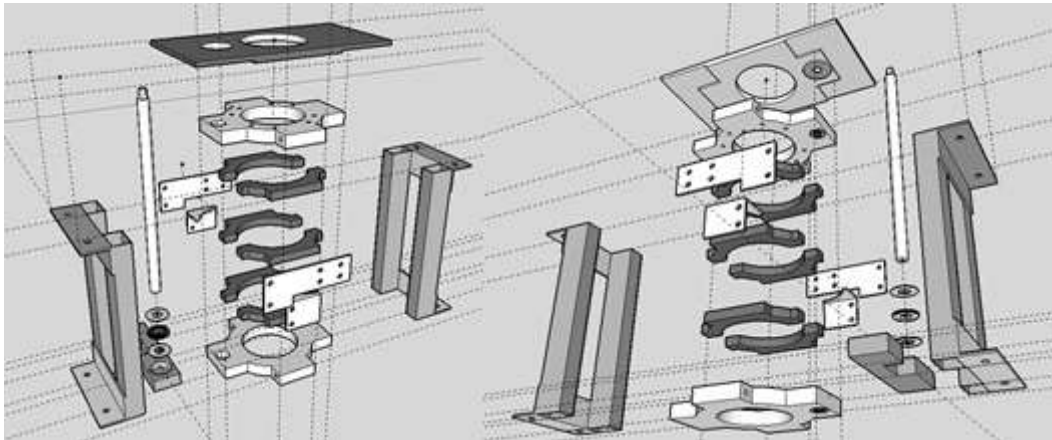
Para la adaptación del router se requirió un diseño mucho más complicado que el resto de mecanismos, debido a que esta máquina debía tener un mecanismo de elevación vertical por medio de alguna manivela de fácil acceso y que al mismo tiempo estuviera firmemente sujeto al bastidor del banco, ya que esta máquina trabaja a altas revoluciones y está sometida a grandes fuerzas. Para cumplir con todos estos requerimientos se diseñó un elevador de tornillo y collarín que desplaza verticalmente una mordaza que sujeta a la máquina. Esta mordaza se desplaza por medio de rodillos colocados de forma que contrarrestan el momento provocado por el peso de la máquina.

Figura 39. **Diagrama de explosión del elevador del router**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Figura 40. **Diagrama de explosión de los componentes del elevador**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

### **3.6.3. Cálculo de resistencia a la fatiga de los mecanismos móviles**

Entre piezas y componentes mecánicos que están sometidos a cargas cíclicas o variables, la rotura por fatiga es una de las causas más comunes de agotamiento de los materiales, por lo que es muy importante tomar en consideración los cálculos realizados para evitar fallas futuras.

Debido a que la fatiga supone una reducción de la resistencia mecánica de los materiales cuando actúan cargas cíclicas o fluctuantes es necesario calcular el valor de la tensión aplicada, la presencia de entallas, grietas u otro tipo de irregularidades en la pieza.

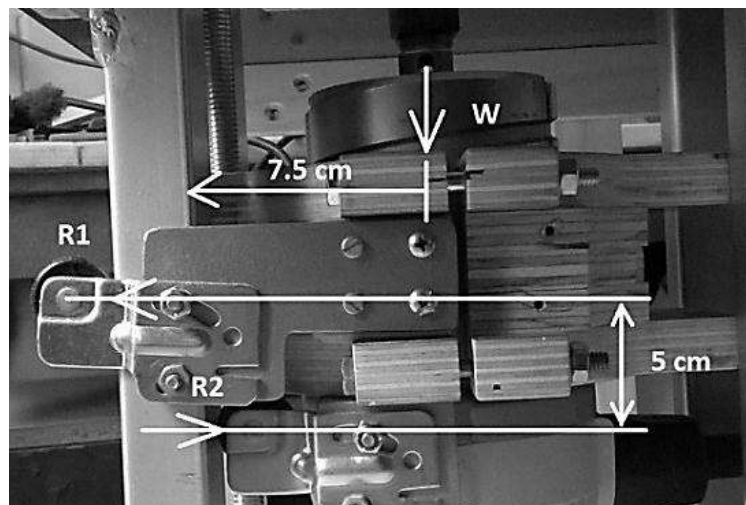
El tipo de geometría en que se fabrique la pieza también influirá en la velocidad de propagación de grietas y fallas, por lo que se realizaron diseños procurando que la aparición de zonas de concentración de tensiones fueran

mínimas. De hecho la mayoría de piezas móviles que se agregaron al banco de trabajo no sufrirán fatiga, o en su defecto, la fatiga será mínima ya que las velocidades de movimiento son sumamente bajas.

### 3.6.4. Cálculo de esfuerzos para los elementos críticos

- Cálculo de las reacciones en los rodillos del sistema de elevación del router:

Figura 41. Medidas de la mordaza del router



Fuente: elaboración propia.

Tomando como punto de referencia R1

$$\sum M=0 \quad R_1 - R_2 = 0 \quad R_1 = 48,56N$$

$$\sum Fx=0 \quad 3,3Kg \left( 9,8 \frac{m}{s^2} \right) (0,075m) - R_2(0,05m) = 0 \quad R_2 = 48,56N$$

La resistencia mecánica de los rodillos según el fabricante es de 50 Lb cada par por lo que cada uno soporta 25 Lb.

$$25Lb \left( \frac{0,45Kg}{1Lb} \right) \left( 9,8 \frac{m}{s^2} \right) \geq 48,56N$$

$$110,25N \geq 48,56N$$

Determinación del par necesario que se debe aplicar al tornillo de empuje para poder elevar el router o fresadora de madera:

Datos: el tornillo de empuje se fabricó con una barra roscada nacional unificada de ½" de diámetro exterior, serie gruesa, rosca sencilla. El collarín se fabricó con un cojinete de agujas axial lubricado con grasa en medio de dos roldanas galvanizadas por lo que para los cálculos siguientes, se tomara el coeficiente de rozamiento del collarín como 0.

- Cálculo de diámetro efectivo:

Diámetro exterior = 12,1mm

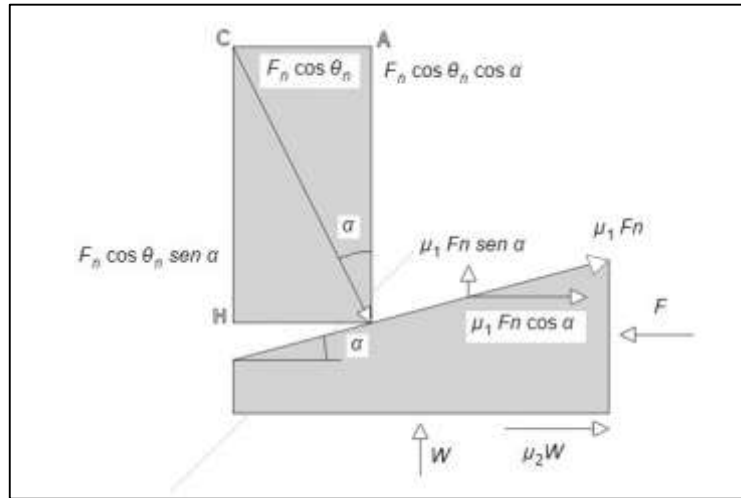
Por ser rosca unificada:

Defectivo =  $D_{\text{exterior}} - 0,64952P$

De tabla 5.1

Serie gruesa de ½" = 13 hilos por pulgada

Figura 42. Esfuerzos ejercidos sobre la rosca del tornillo de elevación



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

$$P = \frac{12,1\text{mm}}{13 \text{ hilos/pulgada}} \quad P = 0,931$$

$$D_{\text{efectivo}} = 12,1 - 0,64952(0,931) \quad D_{\text{efectivo}} = 11,49\text{mm}$$

- Cálculo del ángulo de la hélice: Por ser rosca sencilla, avance = P

$$\tan \alpha = \frac{\text{avance}}{\pi D_{\text{efectivo}}} \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{0,931}{\pi(11,49)} \quad \alpha = 1,48^\circ$$

Según artículos publicados sobre los experimentos de rozamiento en roscas de tornillos, el valor medio de  $\mu = 0,15$  con un campo de variación de 35 %. Por lo que a modo de cálculo, se tomarán  $\mu_1 = 0,20$  y  $\mu_2 = 0$  ya que el collarín representa un coeficiente de rozamiento casi nulo.

Si: 
$$F_n = \frac{W}{\cos \theta_n \cos \alpha - \mu_1 \operatorname{sen} \alpha}$$

Y la ecuación para el par necesario para elevar la carga es:

$$T = F_{rt} = r_t (F_n \cos \theta_n \operatorname{sen} \alpha + \mu_1 F_n \cos \alpha) + r_c \mu_2 W$$

Siendo:  $r_t = \text{radio efectivo de la rosca}$   
 $r_c = \text{radio del collarin}$

Entonces: 
$$T = r_t W \left[ \frac{\cos \theta_n \operatorname{tg} \alpha + \mu_1}{\cos \theta_n - \mu_1 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{r_c}{r_t} \mu_2 \right]$$

Encontrando el ángulo  $\theta_n$

$$\operatorname{tg} \theta_n = \operatorname{tg} \theta \cos \alpha$$

$$\theta_n = \tan^{-1}(\tan 30^\circ \cos 1,48^\circ) \quad \theta_n = 30^\circ$$

Encontrando el par necesario para elevar la carga T:

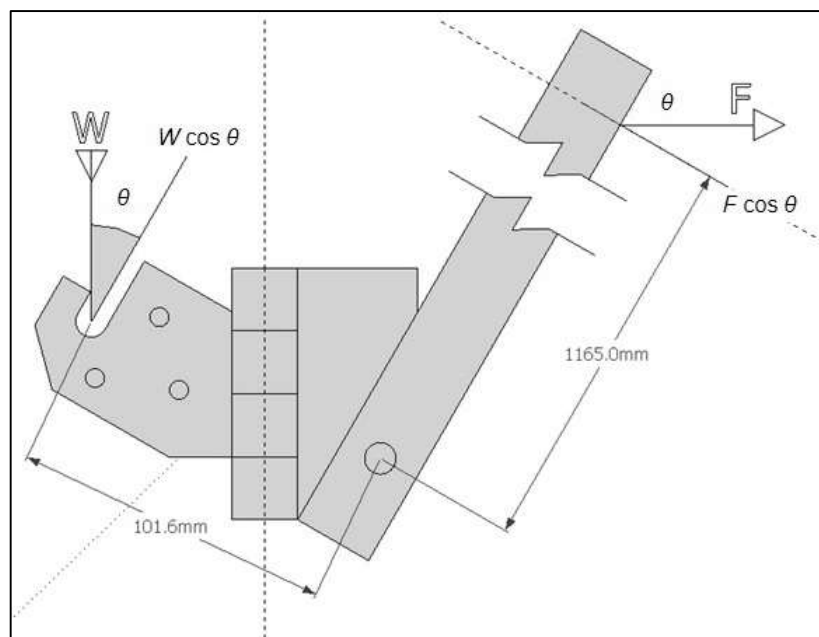
$$T = \frac{1,15 \text{ cm}}{2} (4 \text{ kg}) \left[ \frac{\cos 30^\circ \tan 1,48^\circ + 0,20}{\cos 30^\circ - 0,20 \tan 1,48^\circ} + 0 \right] \quad T = 0,59 \text{ kg cm}$$

Como se puede observar, el par necesario para elevar el peso del router junto con la mordaza fabricada es muy bajo con lo que se puede concluir que el operario solamente necesita un mínimo esfuerzo para manipular la altura de la fresa de corte o para reemplazar la misma.

- Cálculo de la palanca de carga y dirección:

Para que la palanca se considere funcional y efectiva debe de poseer la capacidad de reducir la fuerza del peso total del banco de trabajo.

Figura 43. **Esfuerzos ejercidos sobre la palanca de carga**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

$$\sum M = 0$$

$$F \cos \theta (1m) - W \cos \theta (0,102m) = 0$$

$$F \cos \theta (1m) = W \cos \theta (0,102m)$$

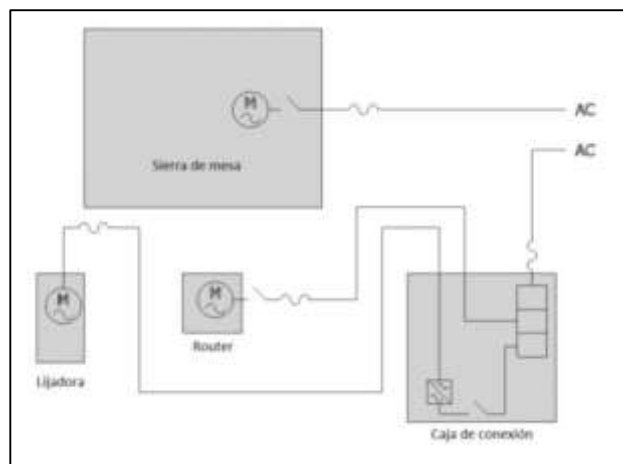
$$F = 0,1W$$

Según el resultado anterior, gracias al diseño de esta palanca, el operario solo debe de emplear una fuerza equivalente al 10 % del peso total del banco.

### 3.6.5. Diseño de la instalación eléctrica

Al principio se había pensado conectar todas las máquinas herramientas a una sola toma e interrumpir cada derivación con un interruptor que estaría situado en un panel, sin embargo, aunque esta alternativa sería bastante estética no era funcional ni la mejor opción, debido a que este circuito representaba un costo elevado porque había que comprar varios elementos eléctricos, causarían pérdidas debido a que todos los cables de las herramientas estarían enrollados prácticamente sin función y si se le realizaban derivaciones para los interruptores desde los cables originales, el dueño de la empresa estaría destinado a ya no poder utilizar los cables de las máquinas fuera del banco de trabajo. Ante toda esta situación y ajustando también el diseño original de la estructura se llegó a la resolución que se utilizaría el cordón eléctrico de la sierra de mesa independientemente y solamente se realizaría un circuito sencillo para alimentar el router y la lijadora de disco.

Figura 44. Diagrama de conexiones eléctricas









Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.



Para fabricar la lijadora radial, se utilizó un taladro que estaba inservible, tal como se describirá más adelante, y este ya no poseía el interruptor por lo que se le adaptó un variador de velocidad de una sierra caladora cuyo motor se había quemado, pero el interruptor y variador de velocidad estaban buenos. Esto con el objetivo de reducir la velocidad original del motor del taladro, ya que al conectar el motor directo a la corriente, este giraba a la velocidad máxima de diseño que es aproximadamente 2 500 rpm lo cual hacia a la lijadora poco funcional y peligrosa.

Tabla IV. **Referencias para el diagrama eléctrico**

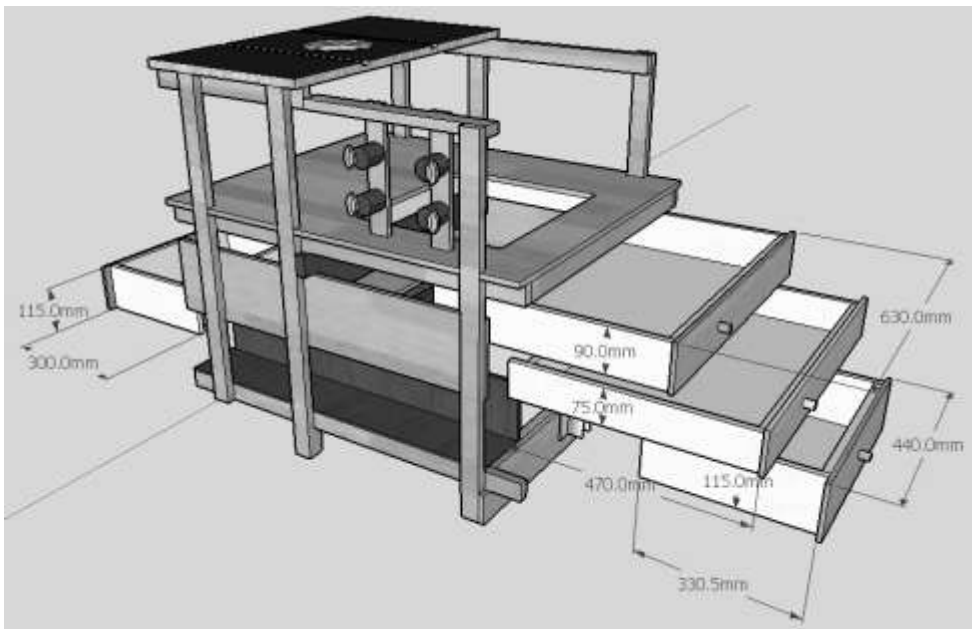
Referencias para el diagrama eléctrico	
	Conductor flexible
	Corriente alterna 120 V
	Motor electrico 120 V
	Interruptor
	Regleta
	Variador de velocidad

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.6. Diseño de los accesorios

Los accesorios diseñados para el banco multiherramienta son cuatro gavetas y una guía de corte con tope - copiador. De las cuatro gavetas que se colocaron como parte del banco de trabajo, tres se pueden utilizar para organizar cualquier clase de herramienta o material de trabajo y la gaveta restante se diseñó exclusivamente para almacenar los desechos o residuos de madera que se producen en la sierra de mesa como consecuencia de los cortes. Esta gaveta posee en su interior un aislante de tela en todo su perímetro que ayuda a retener los residuos más finos y también se fabricó un drenaje fácilmente desmontable para evacuar dichos residuos sin ningún problema, manteniendo así un mejor control en la limpieza del lugar de trabajo y disminuyendo el tiempo empleado en la eliminación de los residuos.

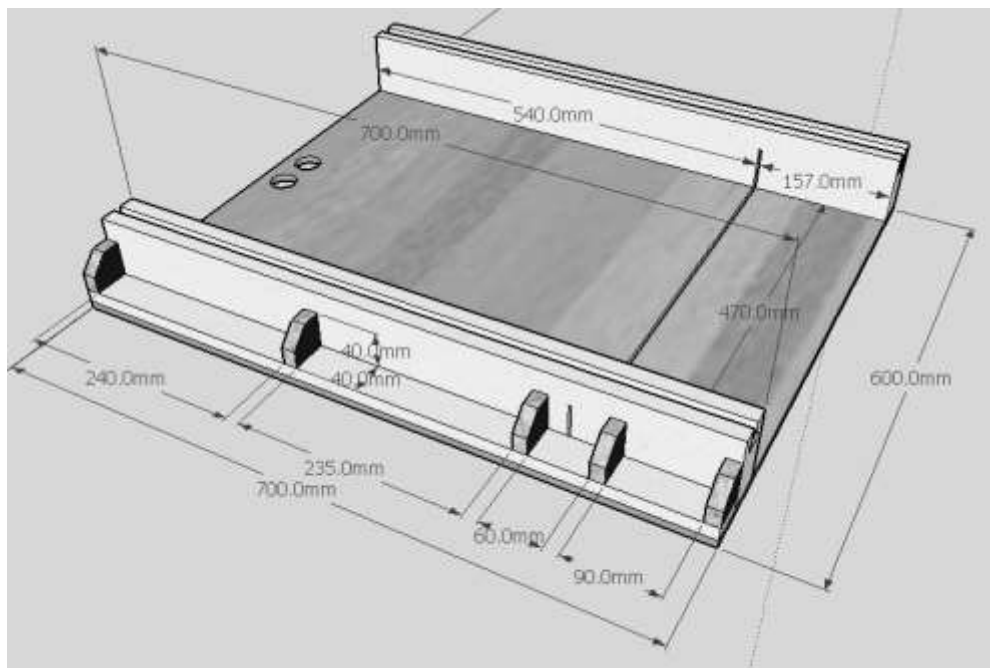
Figura 45. Diseño de las gavetas



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

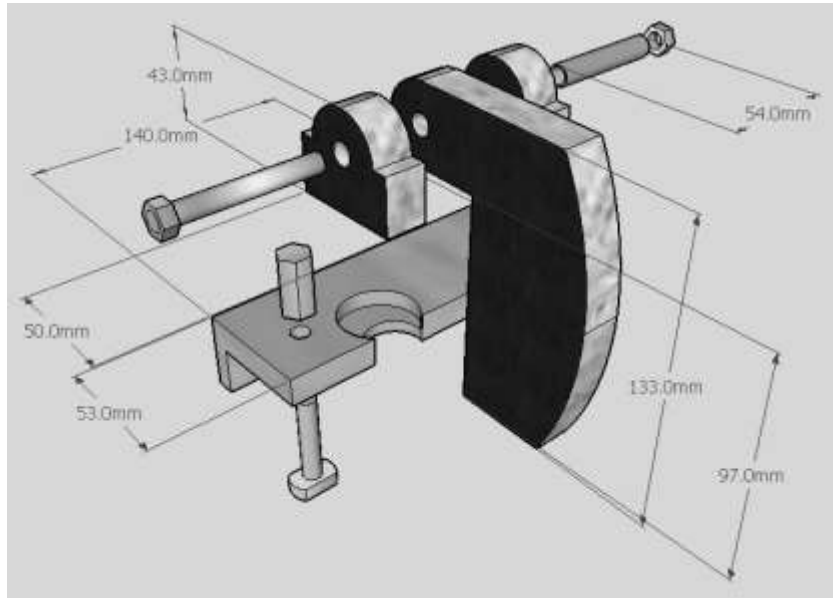
En cuanto a la guía de corte con tope - copiador, es un accesorio que se diseñó con el objetivo de facilitar y agilizar los procesos de corte, en especial de piezas de pequeño tamaño. Esta guía provee una superficie de trabajo mucho más visible y predecible en cuanto a la realización de cortes se habla. Esta guía cuenta con un copiador similar al que se diseñó en la sierra de inglete y cumple la misma función de cortar varias piezas de un mismo tamaño, sin necesidad de estar midiendo cada una.

Figura 46. **Diseño de la guía de corte**



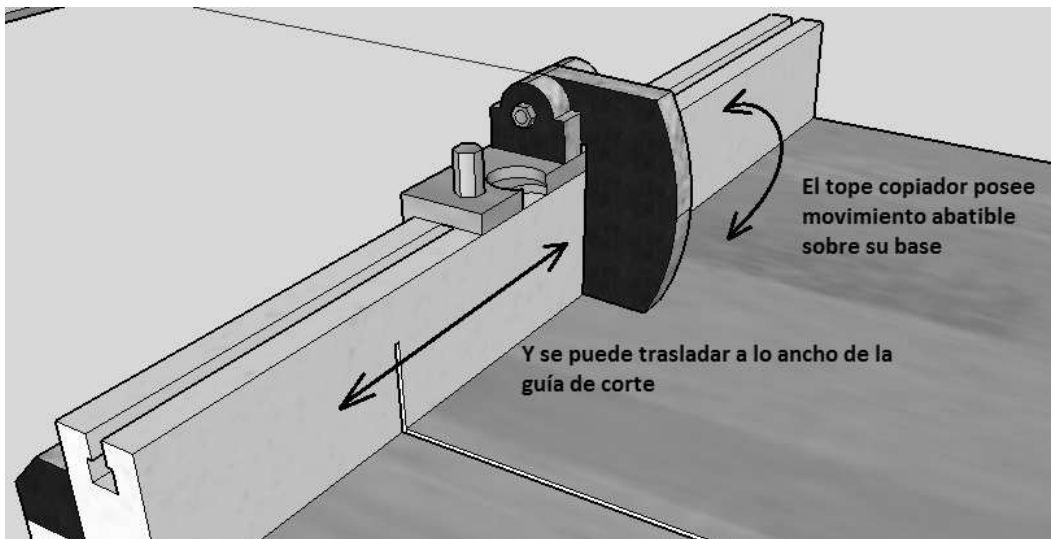
Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Figura 47. Diagrama de explosión del tope – copiador



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

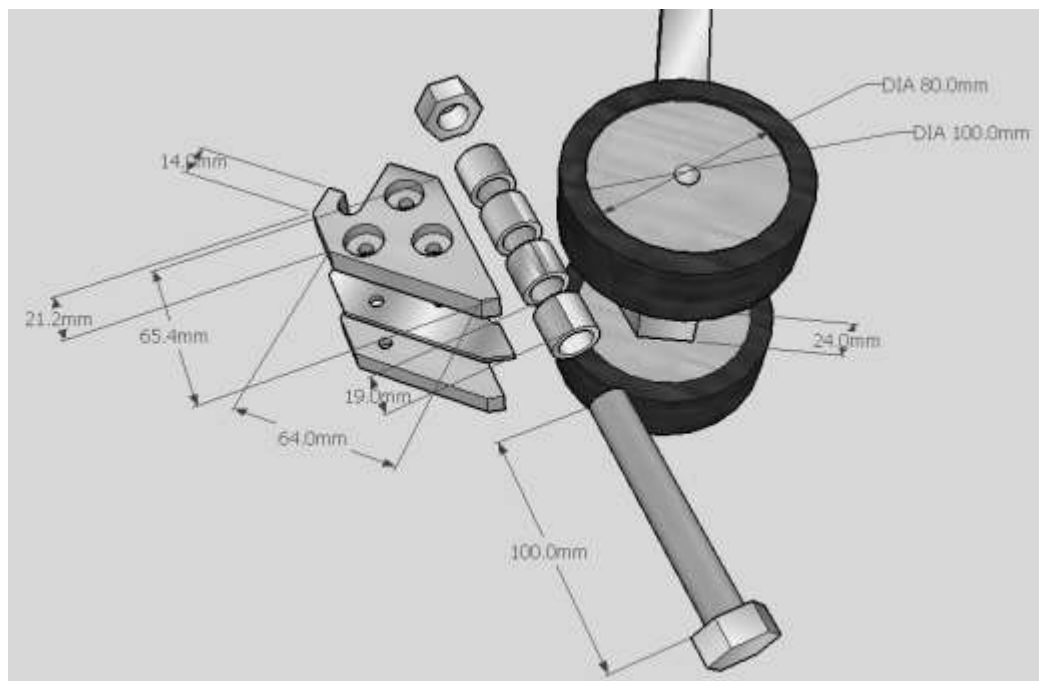
Figura 48. Movimientos posibles del tope – copiador



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Un accesorio muy importante con el que cuenta este banco de trabajo es una palanca especialmente diseñada para movilizar el banco de lugar fácilmente con la fuerza de una sola persona. Esta palanca cuenta con un par de ruedas, una bisagra robusta que soporta el peso además de proporcionar dirección de movimiento al banco y una pieza especial de anclaje fácil como conexión entre la palanca y el banco.

Figura 49. **Diagrama de explosión de la palanca de carga y dirección**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp Make 2016.

Este accesorio fue la mejor alternativa ante el requerimiento de que el banco pudiera moverse con libertad y facilidad dentro del área de trabajo. Esta palanca funciona en conjunto con los rodos alineados en la parte contraria al anclaje de la misma, pudiendo movilizar el banco de trabajo con relativa facilidad empleando una fuerza de tan solo el 10 % del peso del banco.

### 3.6.7. Fabricación del bastidor

En la fabricación del bastidor del banco de trabajo se utilizó para la estructura principal barras de pino de 1" x 2" mediante las cuales se colocaban referencias para posicionar correctamente cada una de las partes. Se utilizó pino ya que esta madera posee grandes cualidades como una buena resistencia a la ruptura por flexión, compacta, resistente a la humedad y es fácil de trabajar. Para las paredes y el resto de la estructura se utilizó plywood fenólico de 1/2" y 3/8", además de material reciclado como melamina de 5/8" y aglomerado natural. Para la superficie de trabajo se utilizó plywood fenólico de 3/4" forrado con film café, el cual le brinda una superficie lisa y resistente que facilita el deslizamiento de las piezas a trabajar.

Figura 50. Bastidor del banco de trabajo

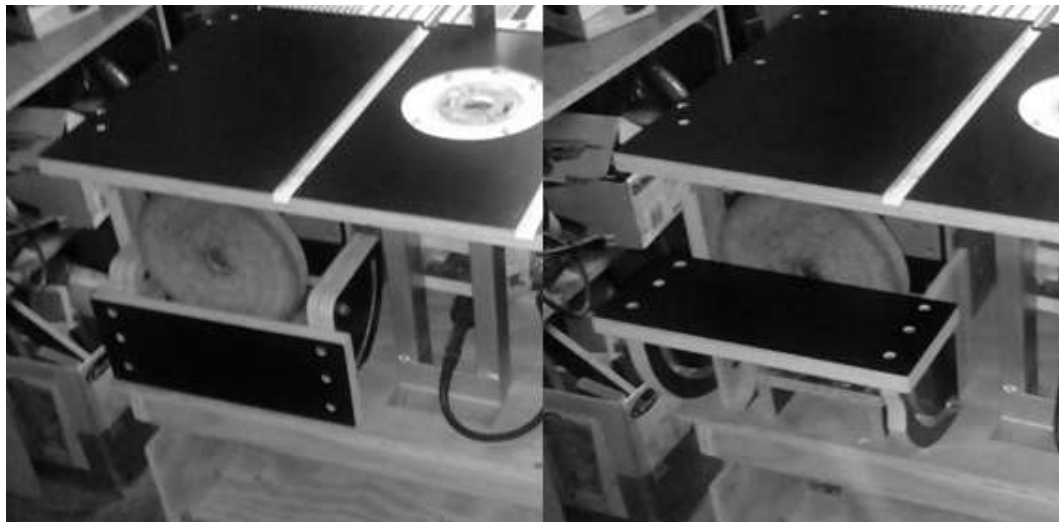


Fuente: DICREA.

### 3.6.8. Fabricación de los mecanismos móviles y de anclaje

El primer mecanismo móvil es relativamente sencillo pero muy importante, y es la mesa de soporte para la lijadora de disco. Esta mesa sirve para sostener las piezas a lijar de una manera firme. La movilidad de la mesa consiste en que puede desplegarse simplemente desatornillando dos mariposas que se encuentran a los lados de dicha mesa, esto con el objetivo de que la mesa no estorbe al operario cuando este se encuentre utilizando el router u otra herramienta que no sea la lijadora.

Figura 51. **Mesa de soporte para la lijadora de disco**



Fuente: DICREA.

Ahora bien, existen dos mecanismos que requirieron de bastante atención y esfuerzo, no solo en el diseño, sino también en la fabricación. Uno de ellos es la palanca de carga y dirección que cumple la función de elevar la base fija del banco de trabajo y apoyarlo solamente con los rodos de goma posicionados en la parte trasera del mismo consiguiendo con esto que toda la masa que

conforma el banco de trabajo pueda ser trasladada fácilmente por un solo operario.

Esta palanca está fabricada de metal, el mango es tubo cuadrado de hierro comercial chapa 20. La bisagra fue fabricada a mano con tubo mecánico de  $\frac{1}{2}$ " aunque las medidas reales del tubo son de 21 mm de diámetro exterior y 19 mm de diámetro interno, se utilizó un tornillo de  $\frac{5}{8}$ " x 4" grado 2 como pasador de la bisagra. El gancho que se ancla al banco de trabajo está fabricado con hierro plano comercial de  $\frac{1}{8}$ " x 2" que posee a sus lados dos piezas de plywood fenólico de  $\frac{1}{2}$ ".

Figura 52. **Vistas de la palanca de carga y dirección**

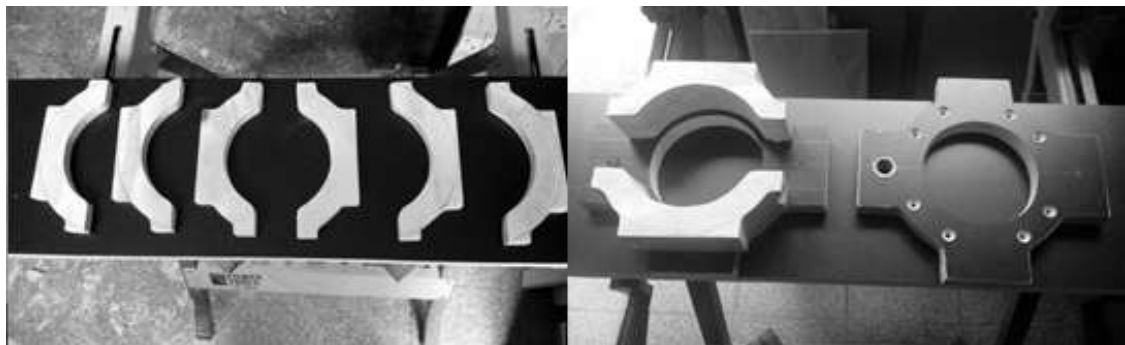


Fuente: DICREA.



El siguiente y último mecanismo móvil se diseñó y fabricó para adaptar el router o fresadora de madera al banco de trabajo. Este mecanismo cumple con la finalidad de subir y bajar el router por medio de un tornillo accesible desde la superficie. La base que sujeta a la máquina está fabricado con plywood de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " de grosor con un diseño que permite una ventilación adecuada al cuerpo del router evitando un calentamiento excesivo. Además de esto, dicha base también contiene unos rodillos que cumplen con la función de darle un desplazamiento suave y que al mismo tiempo este firmemente sujeto a los carriles verticales para así evitar vibraciones y proporcionar un manejo seguro, preciso y práctico de la herramienta de corte.

Figura 53. **Piezas de la mordaza que sujeta al router**



Fuente: DICREA.

Figura 54. **Vistas del mecanismo de elevación del router**



Fuente: DICREA.

Para el desplazamiento de la mordaza dentro de las guías metálicas, se utilizó rodillos de puerta corrediza cuya capacidad de carga es mayor a 20 kg por cada uno, lo cual cubre de manera holgada el peso del router utilizado.

### **3.6.9. Adaptación de las máquinas herramienta al banco de trabajo**

El banco de trabajo multiherramienta, tal como se describe anteriormente, se diseñó con el objetivo de albergar tres máquinas eléctricas que son una sierra circular de mesa, una fresadora para madera o router y una lijadora de disco.

Tanto la sierra de mesa como el router se encontraban en buen estado por lo que no hubo necesidad de realizar ninguna reparación, sin embargo, para la lijadora de disco, se necesitaba adaptar el motor de un taladro que se

encontraba en muy mal estado, tenía cortado el mango o manubrio de donde se agarra con la mano y ya no poseía el gatillo que controla el encendido, sin mencionar que poseía un juego excesivo en el eje principal que se conecta con el mandril.

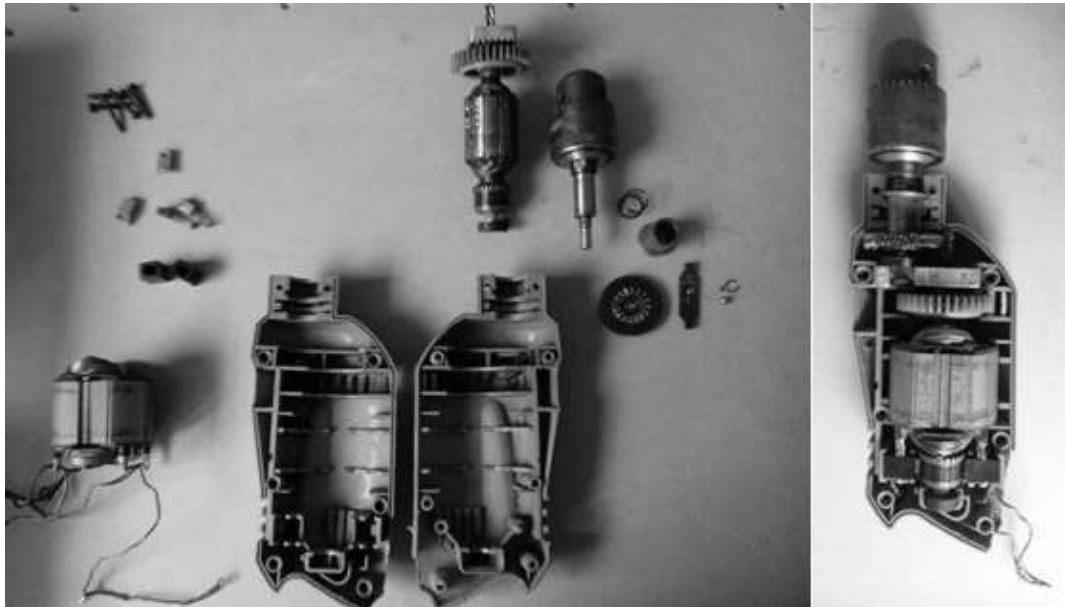
Para resolver todos estos problemas con el taladro, se realizó una reparación total incluyendo una limpieza de los componentes externos e internos, reparación de las porta carboneras, cambio de carbones, reparación de las conexiones del estator, reducción de la luz que existía entre la carcasa y la bancada que soporta al eje y mandril.

**Figura 55. Estado deteriorado en el que se encontró el taladro**



Fuente: DICREA.

Figura 56. **Despiece y armado del taladro restaurado**



Fuente: DICREA.

En el caso de la sierra de mesa solamente se niveló con respecto a la superficie trasera y se ancló al banco de trabajo mediante cuatro tornillos pasados con tuerca 5/16" grado 2. Al igual que la sierra de mesa, al router no hubo necesidad de realizarle modificaciones para adaptarlo más que anularle una base de aluminio que servía para sujetar la máquina manualmente.

### **3.6.10. Instalación eléctrica**

Debido a que el taladro que se restauró no poseía gatillo de encendido, se realizó una adaptación que consistió en conectar un variador de velocidad de una sierra caladora que se encontraba inservible al motor del taladro cuyo encendido se realiza por medio de un interruptor instalado en una caja que alberga las conexiones eléctricas del taladro y el router.

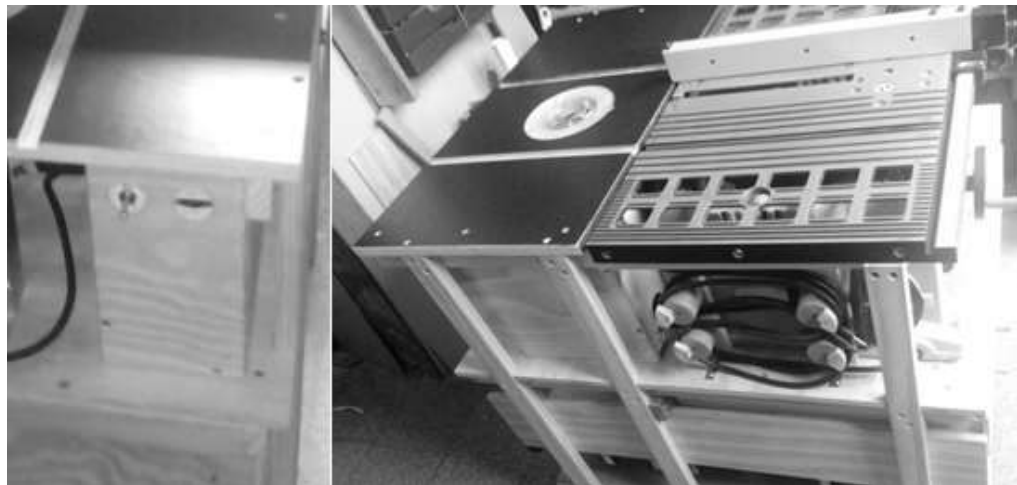
Figura 57. **Conexiones eléctricas del router y lijadora**



Fuente: DICREA.

Se fabricó una estructura en la cavidad izquierda que quedó entre la sierra de mesa y la segunda plataforma del banco para poder enrollar con facilidad los dos cordones eléctricos que quedaron finalmente para alimentar a las tres máquinas herramienta que se encuentran adaptadas al banco de trabajo.

Figura 58. **Disposición de los cordones eléctricos**



Fuente: DICREA.

### **3.6.11. Pruebas de ensayo**

A modo de comprobar el funcionamiento del banco de trabajo se realizaron varias pruebas detalladas a continuación: consecutivo

Prueba de la sierra de mesa. Se realizaron pruebas tanto con las guías originales como con la guía de corte fabricada en el proyecto. Se efectuaron cortes de varias medidas y grosores comprobándose las limitaciones de la misma. Luego de las pruebas se determinó que la mesa de trabajo antes de la adaptación tenía una capacidad para cortar piezas desde un mínimo de 4 cm hasta un máximo de 29 cm, pero después de la adaptación, se pueden cortar piezas tan pequeñas como de 1 cm con total seguridad hasta piezas tan anchas como 54 cm. Gracias a la guía de corte, también es posible realizar ensamble de dedos con total seguridad y exactitud.

Prueba de la fresadora de madera o router. Primeramente se probó el mecanismo de elevación durante 5 ciclos seguidos después de los cuales se logró observar una desviación en la perpendicularidad entre el router y la superficie de trabajo. Luego se realizaron 5 cambios de la fresa de corte para comprobar la resistencia del mecanismo ante el torque ejercido por el operario al cambiar esta pieza cuyo resultado fue exitoso. Por último se realizó una prueba de fresado en el cual se verificó que la fresa de corte se encontraba perpendicular a la superficie de trabajo.

Prueba de la lijadora radial. Se realizó la comprobación de la lijadora radial desbastando una pieza tanto en su contorno como redondeando las esquinas.

### **3.6.12. Correcciones necesarias y calibración final**

Antes de la adaptación al banco de trabajo, la sierra de mesa se encontraba descalibrada de su guía original, por lo que se procedió a calibrarla siguiendo las instrucciones encontradas en el manual del fabricante. Durante la fabricación de la guía de corte fue necesario realizar varias correcciones hasta llegar a una perpendicularidad exacta entre la superficie vertical de la guía y la hoja de la sierra de mesa. Fue necesario también añadir dos galgas de 1,5 mm de espesor cada una, a la base de la sierra de mesa debido a que había una diferencia de 3 mm de altura entre la superficie de trabajo del router y la superficie de trabajo de la sierra de mesa, por lo que gracias a las galgas, se logró dejar perfectamente alineadas las superficies permitiendo que la guía de corte se deslizara sin ninguna dificultad.

Para corregir la perpendicularidad entre la superficie de trabajo y el husillo de la fresadora para madera o router se utilizaron las graduaciones que traen los rodillos de carga que sostienen a la masa de la máquina, por lo que fue y será relativamente sencillo calibrar esta herramienta.

### **3.6.13. Resultado final. Banco de trabajo multiherramienta**

El banco de trabajo multiherramienta, que se diseñó y se implementó como proyecto de graduación de EPS, posee las siguientes funciones y características:

- El operario puede realizar cortes en madera y aglomerado de varios tamaños utilizando la sierra de mesa incorporada y con el apoyo de la guía de sierra.

- Gracias al tope – copiador que posee la guía de sierra, el operario puede cortar varias piezas a un mismo tamaño sin necesidad de estar midiendo cada una.
- La limpieza del aserrín, producto del corte con la sierra de mesa, se facilita en gran medida por la gaveta diseñada para almacenar y evacuar rápidamente dicho aserrín.
- El banco posee la capacidad de almacenar herramientas y accesorios dentro de sus gavetas.
- Se pueden realizar varios procesos de fresado sin ninguna dificultad utilizando el sistema de elevación de router. Este sistema aporta seguridad, rapidez, eficacia y eficiencia en dichos procesos.
- Se puede desbastar piezas de madera fácilmente utilizando la lijadora de disco. Gracias a su mesa de apoyo, no solo se ahorra tiempo en estos procesos sino que disminuye la probabilidad de lesión al operario.
- El banco completo puede ser movido de su lugar fácilmente por una sola persona con la ayuda de la palanca de carga y dirección diseñada especialmente para esta herramienta.

Figura 59. **Banco de trabajo multiherramienta terminado**



Fuente: DICREA.



## **4. FASE DOCENTE. TEMAS EN LOS QUE SE CAPACITÓ AL PERSONAL DE DICREA**

### **4.1. Herramientas nuevas para una nueva era**

Actualmente en Guatemala, existen un sin número de pequeñas, medianas y grandes fábricas de muebles que utilizan aglomerados de madera por lo que se puede concluir que la competencia es fuerte, sin embargo, estos datos, más que para asustar o desmotivar, sirven para evaluar las debilidades y convertirlas en oportunidades para mejorar.

Las herramientas ayudan a realizar los procesos de fabricación de una manera más sencilla, rápida, segura y eficiente, por lo cual, es de mucha importancia adquirir las herramientas que más prestaciones aporten en un balance equilibrado con su costo.

El proyecto realizado para la empresa DICREA, que consiste en la fabricación de una sierra de inglete y un banco de trabajo multiherramienta, es una innovación de las herramientas, ya existentes que otorga a los operarios superficies de trabajo mucho más cómodas, seguras y precisas para trabajar además de agilizar varios procesos de fabricación por medio de diseños específicos para las actividades que se realizan en el área de producción de la empresa. Esta nueva herramienta también ayuda a mantener organizado el taller, gracias a sus espacios optimizados de fácil acceso. Los accesorios con los que cuenta la sierra de inglete y el banco de trabajo están especialmente diseñados para proveer al operario mayor firmeza en la mecanización de las piezas, mayor seguridad y sobre todo, mayor precisión en cada proceso

consiguiendo con esto una mayor eficiencia y eficacia en la elaboración de las piezas de los muebles que comercia la empresa.

#### 4.2. Plan de mantenimiento de las nuevas herramientas

El banco de trabajo está diseñado para que su mantenimiento sea mínimo. Una de las principales ventajas de esta herramienta es que sus accesorios permiten al usuario un acceso rápido y sin mayor dificultad a las máquinas herramienta que alberga permitiendo así realizar el mantenimiento preventivo o correctivo requerido a cada una de ellas, además de estas características, posee una gaveta especial debajo de la sierra circular para recoger con mucho más facilidad las virutas, reduciendo de esta manera el tiempo empleado en la limpieza del lugar.

A continuación se presenta el plan de mantenimiento que se debe de seguir para extender la vida de las máquinas herramientas y conservarlas en un estado óptimo de funcionamiento.

Tabla V. **Plan de mantenimiento para las herramientas**

Plan de mantenimiento para el banco de trabajo multiherramienta					
Dispositivo	Acción 1	Frecuencia	Acción 2	Frecuencia	Fecha del último Mant.
Banco completo	Limpieza de superficies	cada vez que sea necesario	Limpieza profunda	1 vez cada 15 días	mar-17
Gaveta recolectora de aserrín			Descargar el aserrín	cada 40 cortes	mar-17
Sierra de mesa	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant.. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	mar-17
Fresadora de madera o router	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant.. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	mar-17
Lijadora de disco	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant.. Al motor eléctrico	1 vez cada año	mar-17
Sierra de inglete	Limpieza superficial	cada vez que sea necesario	Mant.. Al motor eléctrico	1 vez cada año	mar-17

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Plan de mantenimiento para la maquinaria en general**

<b>Plan de mantenimiento para las máquinas herramientas portátiles</b>					
Dispositivo	Acción 1	Frecuencia	Acción 2	Frecuencia	Fecha del último Mant.
Sierra caladora DW318	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Barreno percutor DW508S	Sustitución del gatillo accionador		Acción inmediata necesaria		
	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Lijadora de banda UBA-3X18A	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada año	
Moto tool MOTO-A	Limpieza superficial	1 vez cada 30 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Lijadora de banda UBA-3X21N2	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Barreno percutor ROTO-1/2T	Mant. Al motor eléctrico y componentes		Acción inmediata necesaria		
	Limpieza superficial	1 vez cada 30 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Compresor de aire	Cambio de filtro de aire	Acción inmediata necesaria			
	Cambio de aceite de motor	1 vez cada 100 horas de uso	Cambio de filtro de aire	1 vez cada 50 horas de uso	
Lijadora orbital UOR-1/4A2	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Barreno Craftsman	Mant. Al motor eléctrico y componentes		Acción inmediata necesaria		
	Limpieza superficial	1 vez cada 30 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada año	
Sierra circular G8893004	Limpieza superficial	1 vez cada 15 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	
Barreno percutor ROTO-1/2A5	Limpieza superficial	1 vez cada 30 días	Mant. Al motor eléctrico	1 vez cada 2 años	

Fuente: elaboración propia.

### **4.3. La importancia de la seguridad industrial**

La seguridad industrial involucra a todas las disposiciones que se toman con la finalidad de lograr un ambiente que esté libre de accidentes en lo concerniente a un establecimiento de índole industrial. En la industria suelen existir reglamentaciones especiales en los distintos departamentos que requieren de algún grado de protección para las personas que trabajan en este tipo de establecimientos, pero también existen medidas que cada empresa desarrolla por su propia cuenta. La seguridad industrial tendrá distintos tipos de niveles de detalle en función del tipo de actividad que se desarrolla, pudiendo ser muy estricta en algunos casos específicos.

En el ámbito propio de la industria se pueden encontrar una serie de actividades y elementos que ciertamente son peligrosos para la salud. Esta circunstancia hace que sean necesarias una serie de disposiciones que traten de asegurar la vida de las personas. Así, es común que existan distintos protocolos de actuación que los empleados deben tener obligatoriamente en cuenta, como por ejemplo el de llevar máscaras, zapatos o ropas especiales. Todas estas medidas tienen como finalidad que los accidentes no sean fatales, que de alguna manera sean manejables. Con el paso del tiempo y la toma de datos en lo que respecta a los mismos, estas medidas suelen evolucionar para hacerse más efectivas.

Existe una obligación particular por parte del estado en lo que respecta a medidas de seguridad las cuales están contempladas en el acuerdo gubernativo 229-2014. Para constatar que estas medidas se apliquen con regularidad, suelen existir inspecciones que se realizan cada cierto período de tiempo; una violación flagrante de este tipo suele ser seguida de una multa por lo que es

muy importante que las empresas tengan una cultura de seguridad industrial para evitar incurrir en multas innecesarias.

En el caso puntual de una fábrica de muebles, se utilizan instrumentos, herramientas y equipo con un considerable riesgo potencial. Cuando se utiliza esta clase de equipo, las precauciones básicas de la seguridad siempre se deben seguir para reducir el riesgo de heridas o la muerte de los operarios. En consideración de lo anterior, se elaboró un manual con las normas de seguridad que se deben seguir durante la operación de maquinaria en la empresa de muebles DICREA y se distribuyó la información contenida en dicho manual, tanto al personal operativo como administrativo a fin de reducir todo tipo de riesgo.

#### **4.4. Normas de seguridad**

Para su propia seguridad, lea el siguiente manual de instrucciones antes de utilizar el banco multiherramienta o cualquier otra maquinaria. Al aprender las normas, limitaciones y los peligros específicos de la maquinaria, se minimizará enormemente la posibilidad de accidentes y lesiones.

- Use protección para los ojos. Use siempre anteojos o careta de seguridad. Los anteojos de uso diario solo tienen lentes resistentes a los golpes, no son anteojos de seguridad. Utilice equipo de seguridad certificado. El equipo de protección de los ojos debe cumplir con las Normas ANSI Z87.1, el equipo de protección de la audición debe cumplir con las Normas ANSI S3.19 y la protección con máscara antipolvo debe cumplir con las Normas para respiradores certificados de MSHA/NIOSH. Las astillas, los residuos suspendidos en el aire y el polvo pueden causar irritación, lesiones y/o enfermedad.

- Use indumentaria adecuada. No use ropa holgada, guantes, corbatas, anillos, pulseras u otras joyas que podrían engancharse en las piezas móviles. Se recomienda usar calzado antideslizante.
- Mantenga todas las herramientas y máquinas en condiciones óptimas. Mantenga las herramientas afiladas y limpias para lograr el mejor y más seguro rendimiento. Siga las instrucciones de lubricación y cambio de accesorios. Las herramientas y las máquinas mal mantenidas pueden dañar más la herramienta, la maquinaria o causar lesiones.
- Compruebe si hay piezas dañadas. Antes de utilizar las máquinas, compruebe si hay piezas dañadas. Compruebe la alineación de las piezas móviles, si las piezas móviles se atascan, si hay piezas rotas y toda otra situación que podría afectar su funcionamiento. Un protector o cualquier otra pieza que presente daños debe repararse o reemplazarse apropiadamente. Las piezas dañadas pueden causar daños adicionales a la maquinaria o lesiones.
- Mantenga limpia el área de trabajo. Las áreas y los bancos desordenados pueden provocar accidentes.
- Reduzca el riesgo de un arranque no intencionado. Asegúrese de que el interruptor este en la posición de apagado antes de enchufar el cable de alimentación. En caso de un apagón, mueva el interruptor a la posición de apagado. Un arranque accidental podría causar lesiones.

- Asegúrese de quitar las llaves de ajuste y de tuerca antes de arrancar la máquina. Las herramientas, los pedazos de desecho y otros residuos pueden salir despedidos a alta velocidad, causando lesiones.
- Utilice la máquina adecuada. No fuerce una máquina o un aditamento al hacer un trabajo para el que no se diseñó. El resultado podría ser daños a la maquinaria o lesiones.
- Haga avanzar la pieza de trabajo contra el sentido de rotación de la hoja, el cortador o la superficie abrasiva. Si la hace avanzar desde el otro sentido, el resultado será que la pieza de trabajo salga despedida a alta velocidad.
- No intente alcanzar demasiado lejos. Una pérdida del equilibrio puede hacerle caer en una máquina en funcionamiento, causándole lesiones.
- No se suba nunca a la máquina. Se podrían producir lesiones si la herramienta se inclina o si usted hace contacto accidentalmente con la herramienta de corte.
- No deje nunca desatendida la maquinaria cuando esté en marcha. Apáguela. No deje la máquina hasta que esta se detenga por completo.
- Apague la maquinaria y desconéctela de la fuente de alimentación antes de instalar o quitar accesorios, antes de ajustar o cambiar configuraciones o al realizar reparaciones. Un arranque accidental puede causar lesiones.

- Manténgase alerta, fíjese en lo que está haciendo y use el sentido común. No utilice la maquinaria cuando este cansado o bajo la influencia de drogas, alcohol o medicamentos. Un momento de distracción mientras se estén utilizando herramientas mecánicas podría causar lesiones.
- Obtenga asesoramiento de su supervisor, instructor u otra persona calificada si no está completamente familiarizado con la utilización de cualquier maquinaria.
- Nunca arranque la maquinaria con la pieza de trabajo contra la herramienta de corte.
- Nunca realice operaciones a pulso. Utilice los accesorios y guías proporcionados con el banco de trabajo.
- Evite las operaciones difíciles y las posiciones difíciles de las manos en las que un resbalón repentino podría hacer que una mano se mueva hacia la herramienta de corte.
- Mantenga los brazos, las manos y los dedos alejados de la herramienta de corte.
- Nunca haga que alguna parte de su cuerpo este en línea con la trayectoria de la herramienta de corte.
- Nunca mueva de su lugar el banco multiherramienta cuando cualquiera de la maquinaria este en marcha.



## CONCLUSIONES

1. El banco de trabajo multifuncional alberga tres herramientas eléctricas: una sierra de mesa, una fresadora de madera o router y una lijadora radial; además, posee espacios especiales para almacenar los accesorios que se fabricaron.
2. La construcción del banco de trabajo se implementó con un 40 % de material reciclado que la misma empresa ya poseía, lo que no implicó ningún costo al respecto. Con respecto al 60 % del material restante que sí fue necesario comprar, no superó la cantidad de Q. 1 000,00, que es baja si se compara con todos los beneficios que este proyecto le aportará a la empresa y sus trabajadores.
3. El mecanismo de elevación de la fresadora para madera o router en conjunto con la mordaza que se implementó en el banco de trabajo, dio como resultado una reducción en el tiempo de fabricación de una pieza común de un 19 % lo que implica haber superado nuestra meta de reducir un 10 % el tiempo empleado para maquinar piezas. Adicionalmente, este diseño ayuda a que el proceso de fresado sea mucho más seguro tanto para el operario como para la máquina en sí.
4. La adaptación de la antigua sierra circular en la mesa de inglete resultó ser una excelente decisión, ya que dicha herramienta se encontraba en desuso por los desperfectos que tenía y en la empresa se carecía de una sierra de inglete por lo que los cortes se realizaban a mano o en la sierra de mesa, con el peligro que implica utilizar esta sierra para piezas

pequeñas. La implementación de la sierra de inglete fabricada produjo una reducción del 28 % en el tiempo empleado para realizar cortes a inglete en trozos pequeños de madera y aglomerados además de proporcionar mayor seguridad a los operarios.

5. La implementación de interruptores adicionales a los que ya poseen las máquinas herramienta resultó ser una opción poco funcional e innecesaria, además de ser poco profesional, ya que implicaba alterar o dañar los cables originales de la maquinaria. En lugar de esto, el banco de trabajo se diseñó de tal forma que el operario pudiera acceder a los interruptores originales de las máquinas con total seguridad y facilidad. La única herramienta a la que se implementó un interruptor con variador de velocidad fue a la lijadora radial debido a que el motor utilizado para este fin fue el de un barreno descompuesto que yo no contaba con su cable e interruptor de encendido original.
6. Se decidió realizar un esfuerzo máximo en la fase de diseño y tomar todas las variables posibles que podían influir en el funcionamiento del banco para evitar realizar prototipos ya que esta opción no era rentable ni en tiempo ni en dinero ya que los bancos en sí mismos son prototipos.
7. No solamente se mejoró la productividad de los procesos de fabricación sino con la ayuda del banco de trabajo y las capacitaciones implementadas, los operarios se fatigan menos con el uso de la maquinaria.
8. Debido al manual de seguridad industrial y las capacitaciones proporcionadas, los operarios de la empresa adquirieron responsabilidad de los peligros de no utilizar equipo de protección o de un trabajo

descuidado. La maquinaria utilizada en una fábrica de muebles conlleva un riesgo alto de lesión por lo que poseer una cultura de seguridad industrial es imprescindible.



## **RECOMENDACIONES**

### **Al Director General:**

1. Velar por el cumplimiento del plan de mantenimiento propuesto en el subtítulo 4.2, tanto del proyecto presentado como de toda la maquinaria restante. El objetivo de realizar mantenimiento preventivo a la maquinaria es evitar paradas en la producción que podrían llevar a costos mucho mayores que el mantenimiento propuesto.
2. Mantener a todo el personal de la empresa en constante capacitación sobre salud y seguridad industrial así como motivar e incentivar a los empleados a conservar una cultura en esta materia. Este aspecto, ignorado por la mayoría de empresas, impacta significativamente en la producción ya que un empleado sano trabaja mejor, produce más y por consecuencia la empresa puede vender más.

### **A los operarios del Departamento de Producción e Instalación:**

3. Manejar la maquinaria, herramienta, materia prima y utensilios con prudencia. El buen manejo de los recursos de una empresa beneficia no solamente a la empresa sino a todo su personal.
4. Utilizar siempre y sin excepción alguna, el equipo de seguridad cuando se está trabajando con la maquinaria del taller, trabajar concentrado y prudentemente y obedecer las normas de seguridad proporcionadas en la ejecución de este proyecto. En la fábrica de muebles DICREA se

utiliza mucha maquinaria que puede ocasionar lesiones graves o incluso la muerte si se utiliza con imprudencia, por lo que es muy importante acatar las normas de seguridad y utilizar el equipo de protección para evitar incidentes innecesarios.

5. Conservar el área de trabajo limpia y ordenada respetando el nuevo sistema de organización que se implementó durante la remodelación del taller. El sistema de asignar un lugar específico para cada máquina y cada herramienta es un beneficio para el operario ya que este, no perderá tiempo en buscar los objetos por cualquier lado, además de aportarle seguridad y un mayor control sobre todo el equipo utilizado.

**Al personal de ventas:**

6. Mantener una buena comunicación con el personal operativo tanto de los nuevos pedidos que se van generando, y también de sugerencias o quejas de los clientes relacionados a la fabricación. Una buena retroalimentación entre el personal de ventas y el personal operativo incrementará la calidad de los productos y también se mejorará el servicio al cliente ya que el vendedor estará al tanto del tiempo en que se le puede ofrecer a un cliente determinado trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ASKELAND, Donald. *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. 3a ed. México: International Thomson Editores, 1998. 778 p.
2. HIBBELER, Russell. *Ingeniería mecánica – estática*. 12a ed. México: Pearson Educación, 2010. 672 p.
3. LLYOD NORTON, Robert. *Diseño de maquinaria, síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2009. 721 p.
4. MORING FAIRES, Virgil. *Diseño de elementos de máquinas*. 4a ed. Barcelona: Montaner y Simón, 1998. 802 p.
5. POPOV, Egor. *Mecánica de sólidos*. 2a ed. México: Pearson Educación, 2000. 861 p.
6. SPOTTS, M. F. *Proyecto de elementos de máquinas*. 2a ed. México: Editorial Reverté, 1977. 700 p.





## ANEXOS

### Anexo 1. Dimensiones de las roscas de tipo unificado y nacional americano

Tamaño	Diámetro exterior o mayor, pulg.	Serie gruesa			Serie fina			Serie extrafina			Lado de la tuerca hexagonal
		Hilos por pulg.	Diámetro efectivo, básico. Pulg.	Sección útil, pulg.	Hilos por pulg.	Diámetro efectivo, básico. Pulg.	Sección útil, pulg.	Hilos por pulg.	Diámetro efectivo, básico. Pulg.	Sección útil, pulg.	
0	0.0600				80	0.0519	0.0018				
1	0.0730	64	0.0629	0.0026	72	0.0640	0.0028				
2	0.0860	56	0.0744	0.0037	64	0.0759	0.0039				
3	0.0990	48	0.0855	0.0049	56	0.0874	0.0052				
4	0.1120	40	0.0958	0.0060	48	0.0985	0.0066				
5	0.1250	40	0.1088	0.0080	44	0.1102	0.0083				
6	0.1380	32	0.1177	0.0091	40	0.1218	0.0102				
8	0.1640	32	0.1437	0.0140	36	0.1460	0.0147				
10	0.1900	24	0.1629	0.0175	32	0.1697	0.0200				
12	0.2160	24	0.1889	0.0242	28	0.1928	0.0258	32	0.1957	0.0270	
1/4	0.2500	20	0.2175	0.0318	28	0.2268	0.0364	32	0.2297	0.0379	7/16
5/16	0.3125	18	0.2764	0.0524	24	0.2854	0.0580	32	0.2922	0.0625	1/2
3/8	0.3750	16	0.3344	0.0775	24	0.3479	0.0878	32	0.3547	0.0932	9/16
7/16	0.4375	14	0.3911	0.1063	20	0.4050	0.1187	28	0.4143	0.1274	5/8
1/2	0.5000	13	0.4500	0.1419	20	0.4675	0.1599	28	0.4768	0.170	3/4
9/16	0.5625	12	0.5084	0.182	18	0.5264	0.203	24	0.5354	0.214	13/16
5/8	0.6250	11	0.5660	0.226	18	0.5889	0.256	24	0.5979	0.268	15/16
3/4	0.7500	10	0.6850	0.334	16	0.7094	0.373	20	0.7175	0.386	1-1/8
7/8	0.8750	9	0.8028	0.462	14	0.8286	0.509	20	0.8425	0.536	1-5/16
1	1.0000	8	0.9188	0.606	12	0.9459	0.663	20	0.9675	0.711	1-1/2
1-1/8	1.1250	7	1.0322	0.763	12	1.0709	0.856	18	1.0889	0.901	1-11/16
1-1/4	1.2500	7	1.1572	0.969	12	1.1959	1.073	18	1.2139	1.123	1-7/8
1-3/8	1.3750	6	1.2667	1.155	12	1.3209	1.315	18	1.3389	1.370	2-1/16
1-1/2	1.5000	6	1.3917	1.405	12	1.4459	1.581	18	1.4639	1.64	2-1/4
1-3/4	1.7500	5	1.6201	1.90				16	1.7094	2.24	2-5/8
2	2.0000	4.5	1.8557	2.50				16	1.9594	2.95	3
2-1/4	2.2500	4.5	2.1057	3.25							3-3/8
2-1/2	2.5000	4	2.3376	4.00							3-3/4
2-3/4	2.7500	4	2.5876	4.93							4-1/8
3	3.0000	4	2.8376	5.97							4-1/2
3-1/4	2.2500	4	3.0876	7.10							4-7/8
3-1/2	3.5000	4	3.3376	8.33							5-1/2
3-3/4	3.7500	4	3.5876	9.66							5-5/8
4	4.0000	4	3.8376	11.08							6

Fuente: SPOTTS, M.F. *Proyecto de elementos de máquinas*. p. 236.

