



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN EN MECATRÓNICA

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
MECATRÓNICA**

TEMA:

**“TORNO COPIADOR PARA MADERA SEMIAUTOMÁTICO PARA EL
SECTOR ARTESANAL”**

AUTOR: DIANA CECILIA CARRILLO MONTENEGRO

DIRECTOR: ING. ZAMIR MERA

IBARRA – ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100314929-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	CARRILLO MONTENEGRO DIANA CECILIA		
DIRECCIÓN:	SANTO DOMINGO DE SAN ANTONIO		
EMAIL:	dian_carrillo@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2 550 386	TELÉFONO MÓVIL:	0987126025
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	TORNO COPIADOR PARA MADERA SEMIAUTOMÁTICO PARA EL SECTOR ARTESANAL		
AUTOR (ES):	DIANA CECILIA CARRILLO MONTENEGRO		
FECHA:	MARZO DEL 2015		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN MECATRÓNICA		
ASESOR /DIRECTOR:	ING. ZAMIR MERA		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, DIANA CECILIA CARRILLO MONTENEGRO, con cédula de identidad Nro. 100314929-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma: _____

Nombre: Diana Cecilia Carrillo Montenegro

Cédula: 100314929-9

Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Firma: _____

Nombre: Diana Cecilia Carrillo Montenegro

Cédula: 100314929-9

Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, DIANA CECILIA CARRILLO MONTENEGRO, con cédula de identidad Nro. 100314929-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: TORNO COPIADOR PARA MADERA SEMIAUTOMÁTICO PARA EL SECTOR ARTESANAL, que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERÍA EN MECATRÓNICA en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: _____

Nombre: Diana Cecilia Carrillo Montenegro

Cédula: 100314929-9

Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Trabajo de Grado, presentado por la señorita Diana Cecilia Carrillo Montenegro, para optar por el título de Ingeniera en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

Ing. Zamir Mera

CI. 1003184478

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo DIANA CECILIA CARRILLO MONTENEGRO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma: _____

Nombre: Diana Cecilia Carrillo Montenegro

Cédula: 100314929-9

Ibarra, Marzo del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A mis padres, por haberme apoyado siempre, formando en mí el anhelo de luchar por mis metas propuestas.

A mi hermana que desde el cielo me acompaña, por haberme dado el valor, fuerza y valentía para culminar con éxito esta importante etapa de mi vida.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional

Diana Cecilia Carrillo Montenegro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su comprensión y cariño que cada día me brindan, ayudándome a crecer como persona.

A mis hermanos por estar conmigo apoyándome en los momentos difíciles de mi vida y animarme siempre a luchar contra las adversidades.

A todas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil y han aportado con mi formación académica mediante sus conocimientos, consejos, apoyo, y ánimo.

Diana Cecilia Carrillo Montenegro

RESUMEN

El trabajo detallado a continuación describe la construcción de un mecanismo copiador implementado en un torno para madera de operación manual que permite colocar plantillas con diferentes patrones y replicar una misma pieza las veces que se requiera.

Este mecanismo es muy útil para los artesanos que realizan el torneado de madera porque les evita el contacto directo con la herramienta de corte, facilitándoles a su vez la obtención de uniformidad en piezas que deben tener las mismas características.

El conjunto, está conformado por un elemento de sujeción de las plantillas y un carro portaherramientas que se desplaza de manera automática a lo largo de la bancada mientras que su movimiento en sentido transversal es controlado por el operario.

De acuerdo a la dificultad del trabajo que se va a realizar, se puede modificar algunos parámetros como: la velocidad de avance, a través de una perilla ubicada en el tablero de control, así como la profundidad del corte, mediante botones colocados para la inspección de avance o retroceso de la cuchilla.

ABSTRACT

The work outlined below describes the construction of a copying mechanism implemented on a wood lathe manual operation that allows placing templates with different patterns and replicate the same piece many times as required.

This mechanism is very useful for artisans who perform the woodturning because it prevents direct contact with the cutting tool, providing in turn obtaining uniform pieces must have the same characteristics.

The assembly consists of a fastener of the jigs and a tool holder carriage which moves automatically over the bed while its movement in the transverse direction is controlled by the operator.

According to the difficulty of the work to be performed, you can change some parameters such as the speed, through a knob on the dashboard as well as the depth of cut, with buttons placed for inspection forward or reverse blade.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	V
CERTIFICACIÓN	VI
DECLARACIÓN	VII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XII
CAPÍTULO I	1
1 FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 GENERAL	2
1.2.2 ESPECÍFICOS	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.4 ALCANCE	3
1.5 EL TORNO	4
1.5.1 PARTES PRINCIPALES DE UN TORNO PARA MADERA	5
1.6 TORNO COPIADOR	6
1.7 TORNEADO EN MADERA	7
1.8 PROCESO DE TORNEADO EN MADERA	7
1.8.1 SELECCIÓN DE LA MADERA.....	7
1.8.2 PLANTILLAJE	7
1.8.3 MARCADO	8
1.8.4 COLOCACIÓN DE LA PIEZA EN EL TORNO.....	8
1.8.5 COLOCACIÓN DEL SOPORTE	9

1.8.6 APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE TORNEADO	9
1.8.6.1 Torneado entre centros	9
1.8.6.2 Torneado al aire	10
1.8.6.3 Torneado de medias piezas	10
1.8.7 ACABADOS EN EL TORNO	11
1.9 HERRAMIENTAS DE TORNEADO	11
1.9.1 GUBIAS	12
1.9.2 RASPADORES	12
1.9.3 CINCELES	13
1.9.4 HERRAMIENTAS DE TROZADO	13
1.9.5 GEOMETRÍA DE LA CUCHILLA	13
1.10 MATERIA PRIMA	14
1.10.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA	14
1.10.1.1 Higroscopicidad	14
1.10.1.2 Contracción	15
1.10.1.3 Densidad ρ	15
1.10.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA	16
1.10.2.1 Resistencia a la compresión	16
1.10.2.2 Resistencia a la tracción	16
1.10.2.3 Resistencia a la flexión	16
1.10.2.4 Resistencia al corte	17
1.10.2.5 Módulo de Elasticidad	17
1.10.2.6 Resistencia al impacto	18
1.10.2.7 Dureza	18
1.10.3 DEFECTOS DE LA MADERA	18
1.11 PARÁMETROS PARA TORNEAR	18
1.11.1 VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA PIEZA	18
1.11.2 VELOCIDAD DE CORTE	20
1.11.3 AVANCE Y PROFUNDIDAD DE CORTE	20

1.11.4 SECCIÓN DE LA VIRUTA	20
1.11.5 FUERZA DE CORTE	21
1.12 MOTORES ELÉCTRICOS	22
1.12.1 MOTORES MONOFÁSICOS	23
1.12.2 MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN	23
1.12.3 PROTECCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.....	25
1.12.3.1 Seccionamiento.....	25
1.12.3.2 Comando.....	25
1.12.3.3 Protección contra cortocircuitos	25
1.12.3.4 Protección contra sobrecarga	26
1.13 VARIADORES DE FRECUENCIA	26
1.13.1 PROGRAMACIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA.....	27
1.13.2 CONEXIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD	28
1.14 FINALES DE CARRERA.....	29
CAPÍTULO II	31
2 DISEÑO MECÁNICO DEL MECANISMO COPIADOR	31
2.1 DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO COPIADOR.....	31
2.2 FUNCIONES	32
2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO	33
2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	34
2.5 PARÁMETROS DE TRABAJO DEL TORNO	34
2.5.1 ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES DE GIRO DEL HUSILLO.....	34
2.5.2 CÁLCULO DE LAS VELOCIDADES DE CORTE	35
2.5.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE.....	36
2.6 SELECCIÓN DE LA CUCHILLA	37
2.7 ANÁLISIS DEL ELEMENTO PARA SUJETAR LAS CUCHILLAS Y PALPADORES.....	42
2.7.1 FUNCIONES	42
2.7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO	43
2.7.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN	43

2.8 SELECCIÓN DEL RESORTE PARA EL SISTEMA COPIADOR	46
2.9 SELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL TORNILLO DE ROSCA CUADRADA	49
2.9.1 CÁLCULO DE PAR TORSIONAL PARA MOVER UNA CARGA	50
2.9.2 EFICIENCIA MECÁNICA	51
2.9.3 VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL NÚCLEO	51
CAPÍTULO III	53
3 SISTEMA ELÉCTRICO	53
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA QUE MUEVE EL CARRO PRINCIPAL	53
3.2 POTENCIA REQUERIDA PARA IMPULSAR EL TORNILLO SELECCIÓN DEL MOTOR	54
3.3 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES	55
3.3.1 MOTOR	55
3.3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA	56
3.3.2.1 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	58
3.3.3 FINES DE CARRERA	59
3.4 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	60
3.5 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL	60
CAPÍTULO IV	65
4 PRUEBAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	65
4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	65
4.1.1 SISTEMA MECÁNICO	65
4.1.2 TABLERO DE CONTROL	65
4.2 ENSAYOS CON EL SISTEMA DE TORNEADO TRADICIONAL	66
4.3 ENSAYOS CON EL MECANISMO COPIADOR	67
4.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	67
4.5 INTERPRETACIÓN DE DATOS	68
4.6 ANÁLISIS DEL COSTO DE PROYECTO	68
4.6.1 COSTOS DIRECTOS	68
4.6.2 COSTOS INDIRECTOS	71
4.6.3 COSTO TOTAL	72

CAPÍTULO V	73
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO	73
5.1 CONCLUSIONES.....	73
5.2 RECOMENDACIONES.....	74
5.3 BIBLIOGRAFÍA	75
5.4 REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	79
ANEXO 1.....	79
DISEÑO MECÁNICO	79
ANEXO 2.....	84
ELEMENTOS DEL AUTOMATISMO	84
ANEXO 3.....	87
PLANOS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL.....	87
ANEXO 4.....	90
MANUAL DE OPERACIÓN.....	90
ANEXO 5.....	96
MANUAL DE MANTENIMIENTO	96
ANEXO 6.....	99
FOTOS DEL PROYECTO.....	99
ANEXO 7.....	102
PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I - 1: Clasificación de la madera por su coeficiente de contracción volumétrica.....	15
TABLA I - 2: Clasificación de la madera por su densidad.....	15
TABLA I - 3: Resistencia al corte de algunas especies de madera.....	17
TABLA I - 4: Velocidades recomendadas para torneear madera, técnica al aire.....	19
TABLA I - 5: Velocidades recomendadas para torneear madera, técnica entre centros.....	19
TABLA I - 6: Valor de c, en función de la sección de la viruta.....	22
TABLA II - 1: Fuerzas que se aplican a la cuchilla.....	43
TABLA II - 2: Características del resorte SPEC E10001485000M.....	46
TABLA II - 3: Características del tornillo de potencia de rosca cuadrada.....	49
TABLA III - 1: Características del motor.....	55
TABLA III - 2: Tabla comparativa de los variadores de frecuencia.....	56
TABLA III - 3: Parámetros configurados en el variador de frecuencia.....	58
TABLA III - 4: Consumo nominal de los aparatos eléctricos.....	61
TABLA III - 5: Material eléctrico para el tablero de control.....	61
TABLA IV - 1: Uniformidad en el ensayo de cilindrado con el sistema tradicional.....	66
TABLA IV - 2: Tiempo de torneado con el sistema de torneado tradicional.....	66
TABLA IV - 3: En el ensayo de cilindrado con el sistema copiador.....	67
TABLA IV - 4: Tiempo de torneado con el sistema copiador.....	67
TABLA IV - 5: Costos directos del proyecto.....	68
TABLA IV - 6: Costos indirectos del proyecto.....	71
TABLA IV - 7: Costo total del proyecto.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA I - 1: Partes del torno para madera	5
FIGURA I - 2: Torno copiadore de madera.....	6
FIGURA I - 3: Elaboración de la plantilla	8
FIGURA I - 4: Marcar el centro de la madera	8
FIGURA I - 5: Colocación de la madera en el torno	9
FIGURA I - 6: Torneado entre centros.....	9
FIGURA I - 7: Torneado al aire	10
FIGURA I - 8: Acabados en el torno	11
FIGURA I - 9: Herramientas para el torneado de madera	12
FIGURA I - 10: Ángulos de la cuchilla del torno	13
FIGURA I - 11: Avance adecuado de la herramienta según su filo.....	14
FIGURA I - 12: Fuerzas que ejerce la herramienta sobre la pieza de trabajo	21
FIGURA I - 13: Arranque directo de un motor monofásico.....	23
FIGURA I - 14: Constitución de un motor de inducción.....	24
FIGURA I - 15: Variadores de frecuencia de baja potencia	26
FIGURA I - 16: Rampa de aceleración y desaceleración.....	27
FIGURA I - 17: Conexión básica de un variador de frecuencia.....	29
FIGURA I - 18: Interruptores de posición	30
FIGURA II - 1: Esquema del mecanismo copiadore.....	31
FIGURA II - 2: Regulación de velocidad mediante poleas del torno para madera de operación manual.....	34
FIGURA II - 3: Cilindrado de la madera.....	36
FIGURA II - 4: Ángulos de la cuchilla	38
FIGURA II - 5: Fuerzas que actúan sobre la cuchilla	38
FIGURA II - 6: Diagrama de fuerza cortante y momento flector debido a la fuerza de corte	40
FIGURA II - 7: Diagrama de fuerza cortante y momento flector debido a la fuerza de avance	41
FIGURA II - 8: Elemento para sujetar las cuchillas y palpadores	42

FIGURA II - 9: Descripción del tubo de la base del elemento para sujetar las cuchillas y palpadores	43
FIGURA II - 10: Resorte E10001485000M	46
FIGURA II - 11: Tornillo de rosca cuadrada	49
FIGURA III - 1: Esquema del sistema eléctrico	54
FIGURA III - 2: Motor trifásico SIEMENS 1LA7	56
FIGURA III - 3: Variador de frecuencia SIEMENS SINAMICS G110	58
FIGURA III - 4: Interruptor de posición 3SE5232-H310	59
FIGURA III - 5: Distancias para el montaje del variador de frecuencia	62
FIGURA III - 6: Gabinete modular	63
FIGURA III - 7: Tablero de control	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Velocidad de corte	20
Ecuación 2: Sección de la viruta.....	20
Ecuación 3: Relación entre la fuerza de corte, penetración y avance	21
Ecuación 4: Fuerza de corte	21
Ecuación 5: Fuerza específica de corte.....	22
Ecuación 6: Velocidad de sincronismo	24
Ecuación 7: Esfuerzo de flexión	39
Ecuación 8: Momento de área	39
Ecuación 9: Esfuerzo de compresión	39
Ecuación 10: Esfuerzo de torsión para un tubo cuadrado.....	45
Ecuación 11: Esfuerzo inicial sin corregir en el resorte	46
Ecuación 12: Rango preferido de esfuerzos de un resorte	47
Ecuación 13: Resistencia de tensión mínima de alambres	47
Ecuación 14: Resistencia a la fluencia	48
Ecuación 15: Esfuerzo cortante bajo la carga de servicio.....	48
Ecuación 16: Factor de Bergsträsser de corrección del esfuerzo cortante	48
Ecuación 17: Par torsional para subir una carga mediante rosca	50
Ecuación 18: Par torsional para bajar una carga con un tornillo de rosca cuadrada	50
Ecuación 19: Par torsional requerido para mover una carga sin fricción	51
Ecuación 20: Eficiencia de un tornillo de potencia	51
Ecuación 21: Área de esfuerzo de tensión para un tornillo de potencia	52
Ecuación 22: Potencia requerida para impulsar un tornillo de potencia	54

PRESENTACIÓN

El presente trabajo escrito, correspondiente a la tesis Torno copiadore para madera semiautomático para el sector artesanal, tiene como finalidad implementar un sistema de torneado de madera que se ajuste a las necesidades de los artesanos de la parroquia de San Antonio de Ibarra, facilitándoles el trabajo y permitiéndoles obtener los resultados deseados.

El proyecto consta de dos partes: la parte teórica en la cual se describe los fundamentos teóricos e información necesaria sobre el proceso de torneado en madera y la parte práctica en la que se detalla el diseño y construcción del mecanismo copiadore, pruebas conclusiones, recomendaciones y anexos.

Este proyecto remplazará al torno manual por una máquina que facilita la tarea de los operarios, reduce los riesgos de sufrir lesiones que generalmente se producen al realizar el torneado de forma manual y logra la uniformidad de las piezas, mejorando así la calidad de los productos.

Al automatizar el movimiento del carro porta herramientas se consigue aumentar la velocidad en el proceso y reducir el tiempo empleado en esta tarea.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los artesanos en madera de la parroquia de San Antonio de Ibarra, para la fabricación de muebles y artesanías que requieren de piezas cilíndricas o redondas utilizan como herramienta de trabajo un torno de operación manual, obteniendo como resultado la falta de exactitud en las medidas de las piezas y falta de uniformidad en piezas que deberían ser de las mismas dimensiones, exponiéndose el operario a muchos riesgos y teniendo que hacer actividades complementarias para realizar esta tarea, generando así retardo en la entrega de productos e insatisfacción por parte del cliente.

En otros países se han desarrollado tecnologías capaces de realizar este trabajo en forma automática y precisa pero la adquisición de esta maquinaria por parte de los artesanos no es posible ya que su costo es muy elevado, el mantenimiento resulta complicado y el operario requiere de conocimientos específicos para su puesta en marcha.

Por ello los artesanos requieren nuevos sistemas, que se adapten a sus necesidades para entrar a competir con los productos de origen extranjero y entrar en sus mercados de consumo, garantizando productos de calidad.

La implementación de un mecanismo que permita copiar un prototipo y torneear la madera sin necesidad de que la herramienta de corte sea sujeta por el operario permitirá al artesano realizar piezas de medidas exactas, de una manera más segura para el operario, reduciendo el tiempo que se demora en realizar las constantes mediciones y generando satisfacción para el cliente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Mejorar el mecanismo de operación del torno para madera utilizado por los artesanos de la parroquia de San Antonio de Ibarra mediante la implementación de un sistema copiador que permita obtener exactitud en las dimensiones de las piezas.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Analizar la técnica de torneado que utilizan los artesanos de San Antonio y definir los parámetros de trabajo que intervienen en el proceso.
- Diseñar el mecanismo copiador mecánico, soportado en el carro principal
- Diseñar el automatismo que moverá al carro principal.
- Implementar el sistema y realizar pruebas para verificar su correcto funcionamiento
- Elaborar el manual de operación.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Uno de los procesos que se realizan para la fabricación de muebles y artesanías de madera es el torneado, siendo actualmente una tarea muy meticulosa porque se viene efectuando en una máquina herramienta de operación manual, en donde la calidad del producto final depende exclusivamente de la habilidad de la persona que realiza esta labor. Esto genera inconvenientes al momento de reproducir varias figuras con las mismas características, no existe uniformidad en piezas de igual medida.

Los artesanos con el afán de obtener dimensiones que se acerquen a las deseadas deben realizar constantes mediciones, situación que ha generado retraso en la entrega de sus trabajos debido al incremento de tiempo necesario para tornear una pieza.

En el mercado internacional, existen algunas alternativas como los tornos cnc que son muy precisos pero no resulta una solución factible de implementar debido a que su costo es elevado y se requiere de una persona con conocimientos específicos para su operación, además de que el mantenimiento resulta complicado.

Por ello nace la necesidad de nuevos mecanismos que les permitan facilitar el proceso. Utilizar el torno copiadore de madera semiautomático les permitirá aumentar la calidad de sus productos, reproducir una misma forma las veces que se requiera, obtener uniformidad y dimensiones deseadas en un menor tiempo de torneado, siendo todo esto un beneficio para lograr la satisfacción del cliente.

También resulta una solución viable para los artesanos y al realizarse en nuestro país el mantenimiento resulta más fácil, además la utilización de este sistema evitará el contacto directo del operario con la herramienta de corte haciendo que su trabajo sea más seguro.

1.4 ALCANCE

El proyecto tiene como finalidad diseñar y construir un mecanismo copiadore para madera semiautomático orientado al sector artesanal de la parroquia de San Antonio de Ibarra, permitiéndoles realizar sus artesanías con dimensiones precisas, obteniendo uniformidad en las piezas y realizando esta tarea de una forma más segura para el operario.

El torno permitirá realizar trabajos de hasta 25 cm de volteo y de una longitud máxima de 1m entre puntos. La operación de retirar la pieza torneada y colocar un nuevo trozo de madera será en forma manual.

Contará con un carro principal que soportará al sistema copiadore mecánico, el avance de este carro a través de la bancada será automático, para ello se utilizará un mecanismo tornillo de potencia de rosca cuadrada y un motor eléctrico. La velocidad de giro de la pieza, se variará mediante un sistema de poleas, y la velocidad con la que avanzará el carro principal será regulada a través de un variador de frecuencia.

Para desplazar el carro portaherramientas en las dos direcciones se controlará el cambio de giro del motor eléctrico que mueve al mecanismo tornillo del tornillo de potencia de rosca cuadrada, para lo cual se utilizará finales de carrera que enviarán su señal al variador de frecuencia el que efectuará el cambio de giro.

El sistema copiador mecánico estará compuesto por un elemento que sujeta a la cuchilla y un elemento palpador unidos entre sí a través de una pieza y un resorte unido al carro palpador que restringe el movimiento de profundidad de la herramienta de corte. La tensión del resorte y la profundidad de corte serán reguladas por el operario mediante un sistema eléctrico. El carro principal soportará a dos sistemas como el descrito anteriormente.

Las cuchillas podrán ser cambiadas de acuerdo al requerimiento de la pieza y existirá un elemento para sujetar al patrón.

El proceso de torneado se realizará en dos etapas, la primera será el cilindrado de la madera para lo cual el elemento que sujetará al patrón tendrá la capacidad de desplazarse, lo que permitirá ajustar el diámetro al cual se quiere llegar con esta operación; luego se procederá a colocar el patrón y realizar la operación que permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproducirá el perfil de la pieza.

1.5 EL TORNO

Los tornos son las máquinas herramientas encargadas del mecanizado de piezas cuya geometría son cuerpos de revolución.

Estas máquinas tienen dos movimientos fundamentales, el eje principal que imprime el movimiento de rotación a las piezas a mecanizar al que en un extremo se le fija un plato de garras, que a su vez, sirve para fijar o sujetar la pieza que se va a trabajar. El de traslación que lo recibe la herramienta. (Millán Gómez, 2012)

El tamaño de un torno está definido por la distancia máxima entre centros y el mayor diámetro de la pieza que se puede mecanizar.

Otras características importantes son: la potencia del motor, la gama de velocidades que tiene la máquina y las características del manejo.

1.5.1 PARTES PRINCIPALES DE UN TORNO PARA MADERA

Las partes principales de un torno para madera las podemos observar en la figura I -1 y son: la bancada, el cabezal fijo, cabezal móvil y la guía de apoyo para las herramientas.

La bancada es el soporte de todas las partes que componen el torno, por lo tanto debe de ser muy robusta.

El cabezal fijo se encuentra al lado izquierdo de la bancada; está compuesto por un eje cilíndrico el cual transmite el movimiento del motor hacia la pieza de trabajo a través de poleas escalonadas, las mismas que a su vez permiten que la velocidad de rotación sea variable.

El contrapunto tiene como fin, servir de apoyo en la parte derecha de la pieza de trabajo, por ello puede fijarse en cualquier posición a lo largo de la bancada.

La guía es la parte en la cual se apoya la herramienta de corte para realizar las diferentes operaciones de torneado.

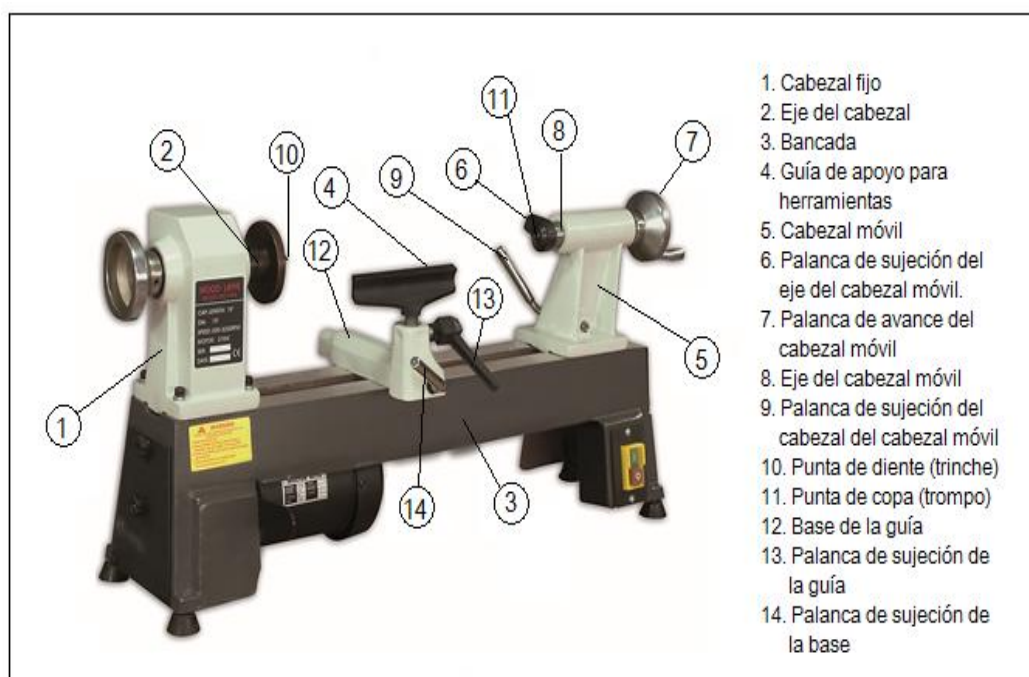


FIGURA I - 1: Partes del torno para madera

Fuente: Autor

1.6 TORNO COPIADOR

Es una máquina de mecanizado que mediante el uso de dispositivos mecánicos y electrónicos permite realizar el torneado de piezas, siguiendo el perfil de una plantilla hasta obtener como resultado una réplica igual a la guía. Generalmente se utiliza en trabajos de madera, mármol o metales con poco material excedente.

Los tornos copiadores modernos permiten variar la velocidad de giro del cabezal y también el avance del carro portaherramientas.

El funcionamiento de un torno copiado consiste básicamente en la acción de un palpador que sigue el contorno de un modelo, transmitiendo su movimiento por medio de un mecanismo a un carro que tiene movilidad independiente como se puede observar en la figura I-2.

(Chacón, 2004) Afirma. “Existen máquinas para realizar esta tarea y su construcción es robusta, pero cualquier torno paralelo horizontal, puede convertirse fácilmente en copiado agregándole los aditamentos necesarios” (p 256).



FIGURA I - 2: Torno copiado de madera

Fuente: (De maquinas y herramientas, 2011)

1.7 TORNEADO EN MADERA

La tornería es un oficio muy antiguo, que a diferencia de otros trabajos en madera nos permite obtener resultados de una manera rápida y vistosa. Esta técnica consiste en trabajar la madera haciéndola girar en una máquina-herramienta llamada torno, desprendiendo el material sobrante, hasta conseguir una forma concreta.

La tarea del tornero se utiliza como parte del proceso en la fabricación de piezas de mobiliario como patas de sillas o mesas, y constituye todo el proceso cuando se trata de elaborar piezas decorativas como cuencos, pies de lámpara entre otros.

Dar forma a la madera es un arte, requiere capacidad y destreza las cuales se alcanzan mediante el conocimiento de algunas técnicas de corte, el uso de las herramientas adecuadas y sobre todo mucha práctica.

1.8 PROCESO DE TORNEADO EN MADERA

A continuación se describen los pasos que se debe seguir para tornear la madera.

1.8.1 SELECCIÓN DE LA MADERA

Para el torneado en madera es necesario elegir una madera que no sea demasiado dura, para evitar el desgaste del filo de las herramientas; así mismo el grado de humedad no debe ser muy alto para evitar la aparición de fisuras.

1.8.2 PLANTILLAJE

Se debe realizar un plano a escala real como se muestra en la figura I-3, el cual sirve de ayuda para tomar las medidas y transportarlas a la pieza torneada.

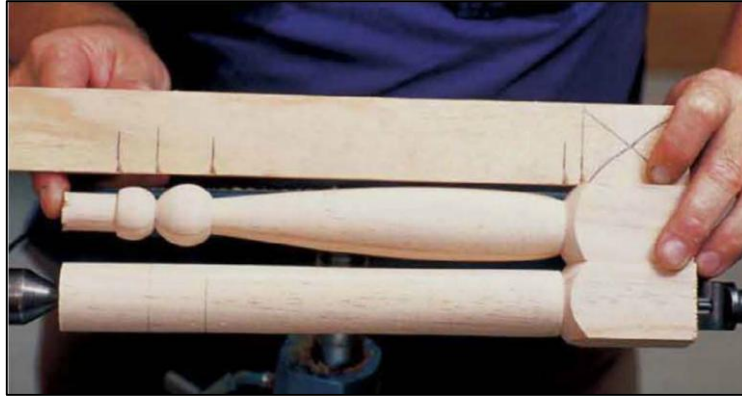


FIGURA I - 3: Elaboración de la plantilla

Fuente: (Raffan, 2008)

1.8.3 MARCADO

Se trazan líneas diagonales por los extremos del bloque de madera y con un punzón se marca la intersección de las diagonales como se muestra en la figura I-4.



FIGURA I - 4: Marcar el centro de la madera

Fuente: (Raffan, 2008)

1.8.4 COLOCACIÓN DE LA PIEZA EN EL TORNO

Se golpea la pieza con un martillo como se indica en la figura I-5, para clavar la madera en la pieza motriz del torno, seguidamente se desliza la contrapunta a lo largo de la bancada y se la introduce en la marca del otro extremo de la madera.



FIGURA I - 5: Colocación de la madera en el torno

Fuente: (Raffan, 2008)

1.8.5 COLOCACIÓN DEL SOPORTE

El soporte se coloca para apoyar la herramienta de corte, éste debe de ser del largo de la madera que se va a tornear.

1.8.6 APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE TORNEADO

Las técnicas más comunes son: el torneado al hilo, torneado al aire y el torneado de medias piezas; a continuación se detalla cada una de estos procesos.

1.8.6.1 TORNEADO ENTRE CENTROS

Consiste en sujetar la madera por los dos extremos y rebajarla convirtiendo la pieza de sección cuadrada en un cilindro; luego se inicia el corte empujando suavemente la herramienta hacia delante, manteniendo el bisel tangente a la circunferencia de corte y deslizando la gubia de izquierda a derecha; para perfilar la madera se apunta la herramienta hacia la zona que se desea rebajar sujetando con firmeza el extremo cortante e inclinándola ligeramente de lado en el sentido cortante como se indica en la figura I-6; se insiste siguiendo el sistema descrito, en las zonas en donde es necesario eliminar más cantidad de madera.



FIGURA I - 6: Torneado entre centros

Fuente: (Raffan, 2008)

1.8.6.2 TORNEADO AL AIRE

Consiste en torneear la madera sujeta al cabezal de arrastre del torno por un sólo extremo como se puede observar en la figura I-7.



FIGURA I - 7: Torneado al aire

Fuente: (Raffan, 2008)

El primer paso es desbastar la madera al hilo hasta conseguir un cuello cilíndrico en un extremo, el cual se introduce en el vaso del torno, se vacía la madera con una gubia de media caña, luego con una gubia puta de lanza se excavan las paredes interiores perpendiculares a la base, se comprueba la profundidad del vaciado y con una punta de lanza se rebaja la madera para poder separar la pieza del torno.

En la técnica del torneado al aire existe una modalidad que consiste en torneear la pieza por frente sin llegar a vaciarla.

1.8.6.3 TORNEADO DE MEDIAS PIEZAS

Se trata de torneear la madera y después partirla en dos para utilizarla como aplique, para ello la primera operación consiste en diseñar el perfil del elemento que se desea torneear y dibujarlo en dos trozos de madera, se encolan y se unen interponiendo entre ellos un papel periódico, luego se torneear la madera utilizando la técnica del torneado al hilo, observándose que la pieza vaya tomando forma de acuerdo al modelo.

Para separar las dos piezas se introduce una gubia de punta corriente en la arista de unión de las maderas y se obtiene dos apliques.

1.8.7 ACABADOS EN EL TORNO

Todo trabajo de tornería requiere un acabado final. Los acabados pueden ser: lijado, bruñido, quemado y encerado. Observe la figura I-8



FIGURA I - 8: Acabados en el torno

Fuente: (Raffan, 2008)

Para el lijado se dobla el papel lija y con el torno en marcha se presiona con la yema de los dedos en la madera, hasta conseguir el grado de finura deseado.

La técnica del bruñido permite obtener superficies muy finas, esta se lleva a cabo frotando lana de acero o la parte posterior de la lija.

Un acabado de gran vistosidad y rústico es el quemado, consiste en hacer pequeñas marcas con la gubia y presionar fuertemente con la arista de un trozo de madera más dura.

Para darle un brillo y tacto agradable a la pieza, se realiza el encerado, presionando la cera directamente sobre la pieza y después frotando la madera enérgicamente con un paño.

1.9 HERRAMIENTAS DE TORNEADO

Hay cuatro grupos principales de herramientas de torneado de madera: gubias, raspadores, cinceles y herramientas de trozado.

Dentro de cada grupo, la forma de los bordes, los biseles, y las secciones transversales de las herramientas varían porque cada uno está diseñado para trabajo específico como se observa en la figura I-9.

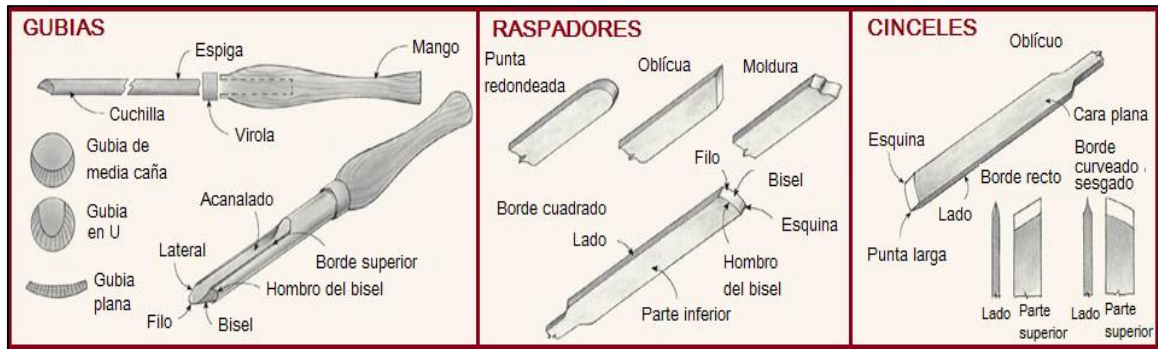


FIGURA I - 9: Herramientas para el torneado de madera

Fuente: (Raffan, 2008)

Antes las herramientas disponibles estaban hechas de acero al carbono, pero hoy en día los aceros rápidos (HSS) son los universalmente preferidos, esto se debe a que el acero al carbono perderá su dureza a los 300°F, mientras que el acero rápido mantiene su dureza hasta los 1050°F.

Si bien las herramientas fabricadas en aceros rápidos cuestan el doble que las fabricadas en acero al carbono, su vida útil puede llegar a ser 6 veces superior por lo que vale la pena hacer un gasto extra.

1.9.1 GUBIAS

Las gubias vienen en muchas formas y tamaños, se caracteriza por tener un filo curvo y un bisel en la parte exterior de la herramienta. Estas pueden ser planas, de acanalado profundo o acanalado poco profundo. En el torneado se utilizan para el desbaste y el perfilado entre centros.

1.9.2 RASPADORES

Los raspadores son herramientas planas de sección cuadrada con un filo cortante que puede ser de la forma que se requiera: redondo, cuadrado, de inclinación. Los raspadores se utilizan como herramientas de acabado, para algunos cortes internos muy pesados y en algunos trabajos en donde la gubia no alcanza fácilmente.

1.9.3 CINCELES

Un cincel oblicuo es la mejor herramienta para trabajar en el torneado entre centros, cuando la madera no presenta nudos se puede obtener un acabado casi perfecto, son de sección cuadrada como los raspadores, pero con un bisel en la parte superior e inferior, con ellos se puede hacer cortes rápidos y trabajar en detalles finos.

1.9.4 HERRAMIENTAS DE TROZADO

Es una herramienta de torneado muy delgada que puede penetrar mediante el corte de la pieza hasta donde se desee o penetrar de lado a fin de trozar la pieza. Es un instrumento que se utiliza para que presente una sección hexagonal irregular. Presenta doble bisel conformado sobre los cantos o bordes laterales.

1.9.5 GEOMETRÍA DE LA CUCHILLA

La herramienta de corte posee una geometría con varios ángulos necesarios para realizar un corte suave del material sin desgaste excesivo de la herramienta. En la figura I-10 podemos mirar los ángulos que tiene una cuchilla, la medida de estos ángulos la podemos encontrar en tablas. (Ver anexo 1)

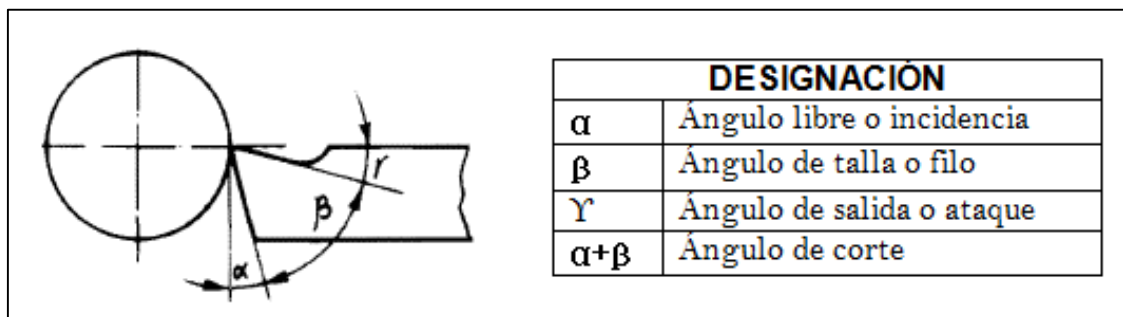


FIGURA I - 10: Ángulos de la cuchilla del torno

Fuente: (Casillas, 1997)

Las herramientas tienen su filo orientado de acuerdo a su movimiento de avance para cortar el material, figura I-11. De acuerdo a la operación de torneado que se vaya a realizar se debe elegir cuchillas conformadas con ángulos laterales para cada caso.

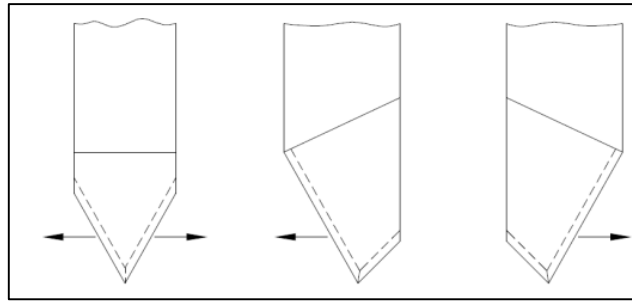


FIGURA I - 11: Avance adecuado de la herramienta según su filo

Fuente: (Rueda & Jacobo, 2010)

1.10 MATERIA PRIMA

La madera es un material que se obtiene del tronco de los árboles y posee una serie de características que la hacen propicia para determinados usos ya sea como materia prima o combustible.

Es considerada como el recurso natural más antiguo que tiene la humanidad; como materia prima es utilizada para labores de construcción, carpintería, ebanistería, tallado, torneado, calado y pirograbado.

Existen muchas clases de maderas, pero no todas son aptas para la fabricación de artesanías. Las más habituales son las de cedro, sauce, laurel, pino y nogal

1.10.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

1.10.1.1 HIGROSCOPICIDAD

Es la capacidad que posee para absorber la humedad atmosférica, y conservarla en forma de agua. A su vez dependiendo de la temperatura, humedad relativa y presión a la que se encuentre la atmósfera, la madera puede captar o ceder agua.

La humedad afecta a la mayoría de procesos de transformación de la madera ya que es un factor determinante en su durabilidad, peso, resistencia y dimensiones.

1.10.1.2 CONTRACCIÓN

Se trata del cambio dimensional (longitudinal, radial, tangencial) que ocurre en la madera al pasar de un estado verde a un estado completamente seco. La tabla I-1 nos muestra la clasificación de la madera de acuerdo al su coeficiente de contracción volumétrica y los usos que se le da.

TABLA I - 1: Clasificación de la madera por su coeficiente de contracción volumétrica

Clasificación de la madera por C_{CV}	Coficiente C_{CV} (porcentaje)	Interpretación
Muy estables	< 0.35	Ebanistería
Estables	De 0.35 a 0.45	Carpintería y mueble
Medianamente nerviosas	De 0.45 a 0.5	Construcción
Nerviosas	0.5 a 0.6	Construcción de despiece radial
Muy nerviosas	> 0.6	Para medios de humedad constante

Fuente: (Vignote & Martínez, 2006)

1.10.1.3 DENSIDAD ρ

Es una característica muy importante ya que influye de manera directa en las características mecánicas de la madera, su conocimiento es importante para procesos como el secado y decisivo para ciertos usos dentro de la fabricación de muebles. Las maderas según su densidad se clasifican como se muestra en la tabla I-2.

TABLA I - 2: Clasificación de la madera por su densidad

Tipo de densidad	Densidad en Kg/m^3
Ligeras	< 500
Semiligeras	De 500 a 599
Semipesadas	De 600 a 649
Pesadas	De 650 a 799
Muy pesadas	> 800

Fuente: (Vignote & Martínez, 2006)

1.10.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

La madera tiene un comportamiento diferente frente a otros materiales utilizados estructuralmente debido a que es un material anisótropo, por ello es importante la dirección que presenten las fibras con respecto a la dirección del esfuerzo que esté soportando.

Para entender el comportamiento mecánico de la madera se debe tomar en cuenta su constitución anatómica. Cada árbol durante su crecimiento produce una estructura tubular diseñada para resistir los esfuerzos de flexión y compresión producidos por las acciones gravitatorias y la acción del viento. Por ello es necesario considerar diferentes propiedades mecánicas en dos direcciones: la perpendicular y la paralela a la fibra.

También se debe considerar que la densidad y el grado de humedad que contiene la madera influyen directamente en su comportamiento mecánico.

1.10.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La madera tiene una elevada resistencia a la compresión cuando esta se realiza en dirección paralela a la de las fibras y disminuye a medida que se aleja de esa dirección. Cuando el esfuerzo actúa en dirección normal a las fibras la resistencia es mínima esto se debe a que las fibras que son huecas quedan aplastadas bajo la carga

1.10.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La resistencia a la tracción perpendicular a la fibra que presenta la madera es muy baja debido a las escasas fibras que tiene en la dirección perpendicular al eje del árbol, mientras que presenta una elevada resistencia a la tracción paralela a las fibras

1.10.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Su resistencia a la flexión es muy elevada, sus valores oscilan entre 14 y 30 N/mm².

Está al igual que las demás propiedades depende de la densidad y el grado de humedad de la madera, siendo mayor mientras mayor sea la densidad y menor su contenido de humedad.

1.10.2.4 RESISTENCIA AL CORTE

Resistencia interna que desarrolla la madera como respuesta a una fuerza cortante paralela a la superficie sobre la que actúa, provocada por una pieza de material que trata de desplazarse. Cuando la cortadura es paralela a las fibras la resistencia es pequeña.

En la tabla I-3 podemos observar la resistencia al corte que presentan las maderas que generalmente se utilizan para la fabricación de artesanías en la parroquia de San Antonio.

TABLA I - 3: Resistencia al corte de algunas especies de madera

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	RESISTENCIA AL CORTE
<i>Cedro</i>	Cedrela odorata L.	18 MPa
<i>Cedrillo</i>	Guarea ssp.	23 MPa
<i>Sauce</i>	Quercus durifolia Seem	41 MPa
<i>Laurel</i>	Cordia alliodora	19 MPa
<i>Pino</i>	Pinus oocarpa	34 MPa
<i>Nogal</i>	Juglans ssp.	26 MPa

Fuente: Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II

1.10.2.5 MÓDULO DE ELASTICIDAD

Es una constante que representa la rigidez de la madera cuando es sometida a fuerzas que intentan modificar su forma. Por lo tanto describe la relación entre la fuerza (carga) y la deformación (deflexión) que ocurre en la madera, dentro del campo elástico de la misma. Entre mayor sea el valor del módulo de elasticidad, mayor será su resistencia a la deformación (rigidez) bajo carga

1.10.2.6 RESISTENCIA AL IMPACTO

Este término en realidad expresa la energía [kJ/m²] necesaria para romper una madera cuando es sometida a un esfuerzo repentino (golpe) perpendicular a su eje longitudinal. Entre mayor capacidad de absorción de energía tenga la madera, mayor será su resistencia al impacto y por consiguiente más pertinente su uso para aplicaciones donde esté sujeta a cargas de choque.

1.10.2.7 DUREZA

Indica la facilidad con que el material puede ser penetrado por otro. La dureza varía con la dirección de la fibra y disminuye rápidamente con la humedad. La dureza de la madera suele ser determinada tanto por el método JANKA (en Norte y Sur América), como por el método BRINELL (principalmente en Europa).

1.10.3 DEFECTOS DE LA MADERA

Existen algunos defectos en la madera producto de su crecimiento y condiciones de secado que dificultan el torneado de la misma.

Al momento de seleccionar la madera se elegirá el producto que no presente alabeo, grietas o carcoma ya que pueden provocar la ruptura de la madera durante el proceso de torneado, además de que el producto final no sería de buena calidad. El mismo inconveniente se genera con las presencia de nudos, que son restos de ramas muertas cuyos tacones quedan ocultos por nuevos anillos de crecimiento, esto hace que la madera resulte más difícil de trabajar ya que el grano que rodea al nudo es irregular y por lo general el nudo tiende a desprenderse.

1.11 PARÁMETROS PARA TORNEAR

1.11.1 VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA PIEZA

La velocidad de rotación de la madera debe variar de acuerdo a la operación de torneado que se realice, del diámetro y longitud de la pieza. Por lo general se trabaja con velocidades disponibles que van desde 400 rpm a 2.500 rpm.

TABLA I - 4: Velocidades recomendadas para tornear madera, técnica al aire

VELOCIDADES PARA TORNEADO AL AIRE			
DIÁMETROS	ALTURAS		
	2 in. (50 mm)	3 in. (75 mm)	4 in. (100 mm)
8 in. (200 mm)	1250 rpm	1200 rpm	1000 rpm
10 in. (255 mm)	1000 rpm	900 rpm	800 rpm
12 in. (305 mm)	850 rpm	750 rpm	650 rpm
14 in. (355 mm)	750 rpm	650 rpm	575 rpm
16 in. (405 mm)	650 rpm	575 rpm	500 rpm
18 in. (460 mm)	600 rpm	500 rpm	400 rpm

Fuente: (Raffan, 2008)

TABLA I - 5: Velocidades recomendadas para tornear madera, técnica entre centros

VELOCIDADES PARA TORNEADO ENTRE CENTROS						
DIÁMETROS	LONGITUDES					
	6 in. (150 mm)	12 in. (305 mm)	18 in. (460 mm)	24 in. (610 mm)	36 in. (915 mm)	48 in. (1220 mm)
½ in. (13 mm)	2500	2100	1500	900	700	700
2 in. (50 mm)	2000	2000	1500	1250	700	700
3 in. (75 mm)	1750	1250	1000	900	700	700
4 in. (100 mm)	1250	900	700	700	700	700
5 in. (125 mm)	1000	900	700	700	700	700
6 in. (150 mm)	900	700	700	700	700	700

Las cifras de esta tabla se expresan en rpm, si la madera no es adecuada se debe empezar a trabajar con la mitad de estas velocidades.

Fuente: (Raffan, 2008)

1.11.2 VELOCIDAD DE CORTE

Representa la cantidad de metros de viruta que puede cortar la herramienta durante un minuto de trabajo, sin que esta se deteriore o desgaste. La velocidad de corte se da en metros/minuto y se calcula mediante la fórmula de la ecuación 1.

Ecuación 1: Velocidad de corte

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

Fuente: (Millán Gómez, 2012, pág. 227)

Siendo:

V: velocidad de corte en m/min.

D: diámetro de la pieza de trabajo en mm

N: número de revoluciones.

1.11.3 AVANCE Y PROFUNDIDAD DE CORTE

El avance es la velocidad con la que se desplaza la herramienta de corte sobre la pieza, cortando el material.

1.11.4 SECCIÓN DE LA VIRUTA

La sección de viruta obtenida por el torno durante su trabajo se determina por la profundidad de pasada que lleve la herramienta y el avance por revolución. La sección de viruta debe ser calculada en el mecanizado de piezas para valorar el rendimiento de las herramientas, y se calcula mediante la ecuación 2.

Ecuación 2: Sección de la viruta

$$S = p \times a$$

Fuente: (Millán Gómez, 2012, pág. 225)

1.11.5 FUERZA DE CORTE

Las fuerzas que ejerce la herramienta de corte sobre la pieza son tres:

- Fuerza de avance F_a
- Fuerza de alimentación o penetración F_p
- Fuerza de corte F_c

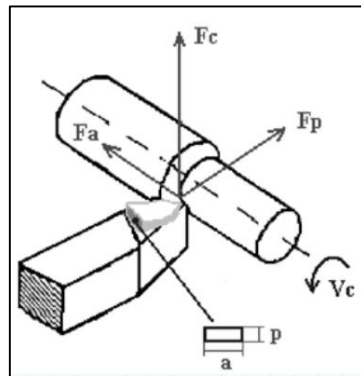


FIGURA I - 12: Fuerzas que ejerce la herramienta sobre la pieza de trabajo

Fuente: (Silueña & Amelia, 2000)

La fuerza de corte, es la de mayor magnitud y guardan la siguiente relación (ver ecuación 3)

Ecuación 3: Relación entre la fuerza de corte, penetración y avance

$$F_c:F_p:F_a \rightarrow 4:2:1$$

Fuente: (Saquina, 2011, pág. 71)

En la ilustración I-12 se puede observar como como actúan cada una de ellas sobre la pieza de trabajo.

La fórmula general de la fuerza de corte es la que se indica en la ecuación 4.

Ecuación 4: Fuerza de corte

$$F_c = K_c \times S$$

Fuente: (Silueña & Amelia, 2000, pág. 188)

Siendo K_c la fuerza específica de corte (ecuación 5):

Ecuación 5: Fuerza específica de corte

$$Kc = c \times \tau_R$$

Fuente: (Silueña & Amelia, 2000, pág. 188)

Donde c está comprendida entre: $3 < c < 5$, y cuyo valor se adopta en función del avance, la resistencia del material o la sección de la viruta como se observa en la tabla I-6.

TABLA I - 6: Valor de c , en función de la sección de la viruta

Sección de viruta $S = \text{mm}^2$	1	2	4	6	8	10	12
Relación c	4,8	4,5	4	3,75	3,5	3,5	3,3

Fuente: (Silueña & Amelia, 2000)

1.12 MOTORES ELÉCTRICOS

Un motor, es un receptor que al ser alimentado mediante una corriente eléctrica, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, es aprovechado para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico.

Dependiendo de sistema de corriente utilizado en la alimentación, estos pueden ser de corriente alterna o corriente continua.

En función del número de fases de la alimentación, los motores de corriente alterna pueden ser monofásicos y trifásicos. Los monofásicos se alimentan mediante fase y neutro y los trifásicos mediante tres fases. Los primeros se utilizan mayoritariamente en entornos domésticos y los segundos en entornos industriales.

1.12.1 MOTORES MONOFÁSICOS

Los motores monofásicos poseen dos devanados, uno de arranque y otro de trabajo. El motor tiene un único sentido de giro cuando la caja de bornes de este tipo de motores, disponga solamente de dos bornes, que se conectan directamente a la red eléctrica.

Estos motores suelen tener conectado en serie al devanado de arranque, un condensador o un interruptor centrífugo, siendo el primer método el más utilizado en la actualidad debido a su nulo mantenimiento.

En la figura I-13 que se muestra a continuación se puede ver dos formas de arranque directo de un motor monofásico. El primero protegido mediante fusibles y el segundo protegido mediante un interruptor magneto térmico bipolar.

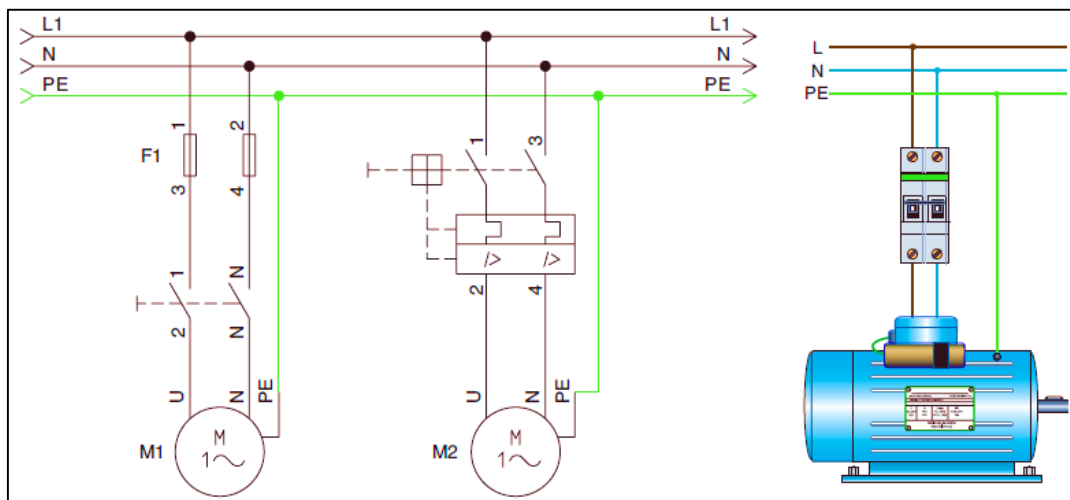


FIGURA I - 13: Arranque directo de un motor monofásico

Fuente: (Martín & García, 2009)

1.12.2 MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN

Los motores trifásicos son los más usados dentro de la industria, en especial los motores de inducción, esto es debido a que son simples, de fácil mantenimiento y bajo costo. Estos motores funcionan a una velocidad casi constante.

Su velocidad depende de la frecuencia, por lo que se utiliza controladores electrónicos de frecuencia variable para controlarla.

El motor de inducción trifásico está compuesto básicamente por un estator o inductor fijo y un rotor o inducido móvil separados entre sí por un pequeño entrehierro, ver figura I-14.

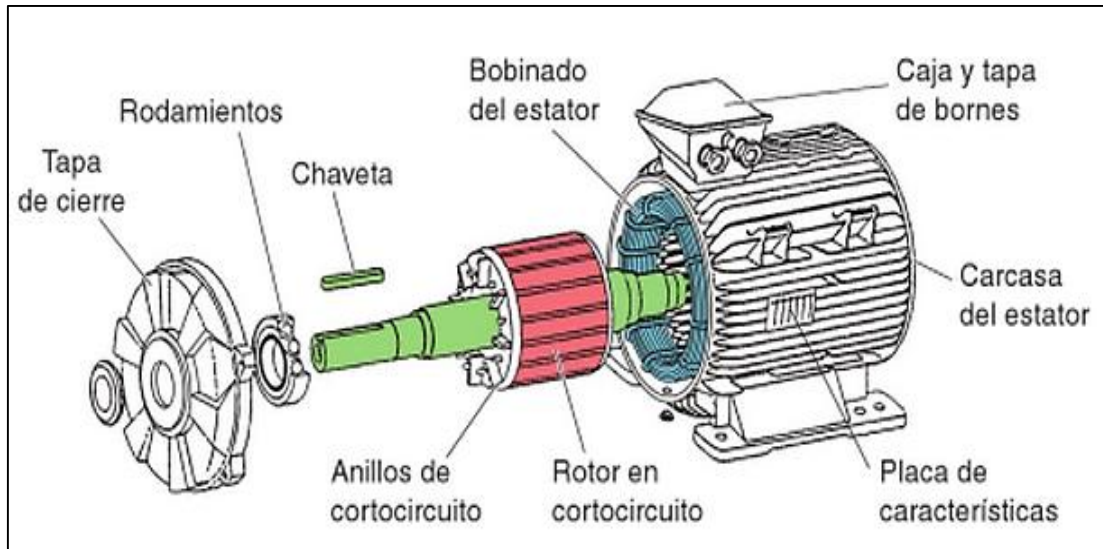


FIGURA I - 14: Constitución de un motor de inducción

Fuente: (Santamaría & Agustín, 2009, pág. 243)

El circuito magnético del estator está formado por chapas apiladas con ranuras longitudinales sobre las que se alojan las bobinas que forman los arrollamientos de fase que son sometidos a la tensión de la red. El rotor jaula de ardilla que es el comúnmente utilizado tiene una serie de barras conductoras paralelas cortocircuitadas mediante unos anillos circulares conductores.

Al alimentar el devanado trifásico situado en el estator, mediante un sistema trifásico de corrientes, se origina un campo magnético que gira con una velocidad constante llamada velocidad de sincronismo n_s , la cual depende de la frecuencia f y del número de polos del estator p (ver ecuación 6).

Ecuación 6: Velocidad de sincronismo

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Fuente: (Santamaría & Agustín, 2009, pág. 243)

Este campo giratorio induce unas corrientes en los conductores del rotor en cortocircuito, produciéndose una fuerza entre corrientes y campo giratorio que da lugar al par de arranque del motor.

1.12.3 PROTECCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Una salida a motor tiene como objetivo:

- Encendido y apagado del motor
- Proteger a sus componentes contra fallas de origen eléctrico
- Asegurar la seguridad del personal
- Maximizar la continuidad del servicio.

Para ello las salidas a motor deben cumplir con cuatro funciones básicas: seccionamiento, comando, protección contra cortocircuitos y protección contra sobrecarga.

1.12.3.1 SECCIONAMIENTO

Lo provee un dispositivo on-off capaz de abrir el circuito y separa al motor de la red de distribución eléctrica que lo alimenta.

1.12.3.2 COMANDO

Como dispositivos de maniobra habitualmente se utilizan contactores electromagnéticos para controlar el arranque y parada del motor.

1.12.3.3 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

Se trata de un dispositivo de acción instantánea (fusible, bobina magnética, relé electrónico acoplado a un transformador de corriente) capaz de detectar y cortar cualquier corriente superior a la corriente del arranque del motor

1.12.3.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

Protección del motor contra las corrientes de sobrecarga comprendidas por encima de la corriente nominal; pero inferiores a las corrientes de cortocircuito. En este caso suelen utilizarse relés bimetálicos, fusibles de acción retardada y relés electrónicos.

1.13 VARIADORES DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia es un dispositivo de electrónica de potencia, que como su nombre lo indica puede variar la frecuencia de alimentación de un motor, ver figura I-15. Su frecuencia puede ser regulada con toda facilidad dentro de un rango mínimo y máximo establecido.

Los variadores tienen un modo de funcionamiento de supervisión nos permiten visualizar algunos parámetros como la tensión en los bornes del motor, la velocidad estimada, temperatura del variador entre otras, cuando el motor está en marcha.



FIGURA I - 15: Variadores de frecuencia de baja potencia

Fuente: (Martín & García, 2009, pág. 211)

Varios de sus modelos pueden superar la frecuencia de alimentación de la red permitiendo que los motores superen la velocidad para los que han sido diseñados por su número de polos.

1.13.1 PROGRAMACIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Su programación puede ser realizada mediante los siguientes métodos: un pequeño panel que viene incorporado, un terminal de programación externo que permite una programación más avanzada o un software de programación específico instalado en un ordenador, a través de un cable de conexión.

Los parámetros característicos que se pueden programar en un variador son:

Ajustes de fábrica: pone todos los parámetros del variador a valores de fábrica.

Rampa de aceleración: tiempo en segundos que se emplea para que el motor consiga una velocidad pre programada, ver figura I-16.

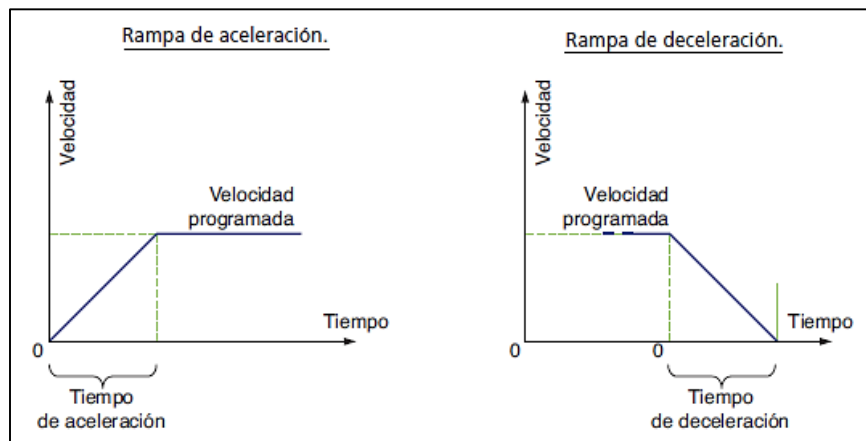


FIGURA I - 16: Rampa de aceleración y desaceleración

Fuente: (Martín & García, 2009, pág. 212)

Rampa de desaceleración: Tiempo en segundos que se emplea para que un motor disminuya su velocidad hasta pararse o llegar a una velocidad programada, ver figura I-16.

Velocidad máxima: Velocidad más rápida a la que se desea que gire el motor.

Velocidad mínima: velocidad más lenta a la que se desea q gire el motor.

Velocidades preseleccionadas: conjunto de velocidades que programa el operario y se eligen a través de las entradas lógicas o por algún bus de comunicación.

JOG: funcionamiento del motor a impulsos, necesita una velocidad del motor preseleccionada propia y tener una entrada lógica para conectar a ella un interruptor o pulsador.

Frenado: permite ajustar el tipo de frenado del motor, que puede ser por inyección de corriente continua o rueda libre.

1.13.2 CONEXIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

Desde el punto de vista del conexionado, los variadores de velocidad disponen de tres módulos bien diferenciados: parte de potencia, parte de mando y consigna de velocidad.

La parte de fuerza es la que se conecta desde la red eléctrica, pasando por el variador y después al motor. Se recomienda disponer de un contactor entre el dispositivo de protección y el variador de frecuencias. Este será controlado con un circuito de mando externo y permitirá cortar la red de alimentación de potencia del variador.

La parte de mando dispone de entradas lógicas para conectar en ellas sensores tipo interruptor y pulsador. Se utiliza para la puesta en marcha y parada del motor, inversión del sentido de giro, modo JOG, etc. La señal de referencia para estas entradas se realiza desde el borne de tensión positiva que dispone el propio variador. Estas entradas son programables y pueden tener un uso diferente dependiendo de la aplicación.

La consigna de velocidad se da a través de una entrada analógica de tres bornes, a la cual se conecta un potenciómetro rotativo. El valor en $k \Omega$ de dicho potenciómetro lo asigna el fabricante. Así, la conexión básica para arrancar un motor mediante un variador de velocidad es como se muestra en la figura I-17

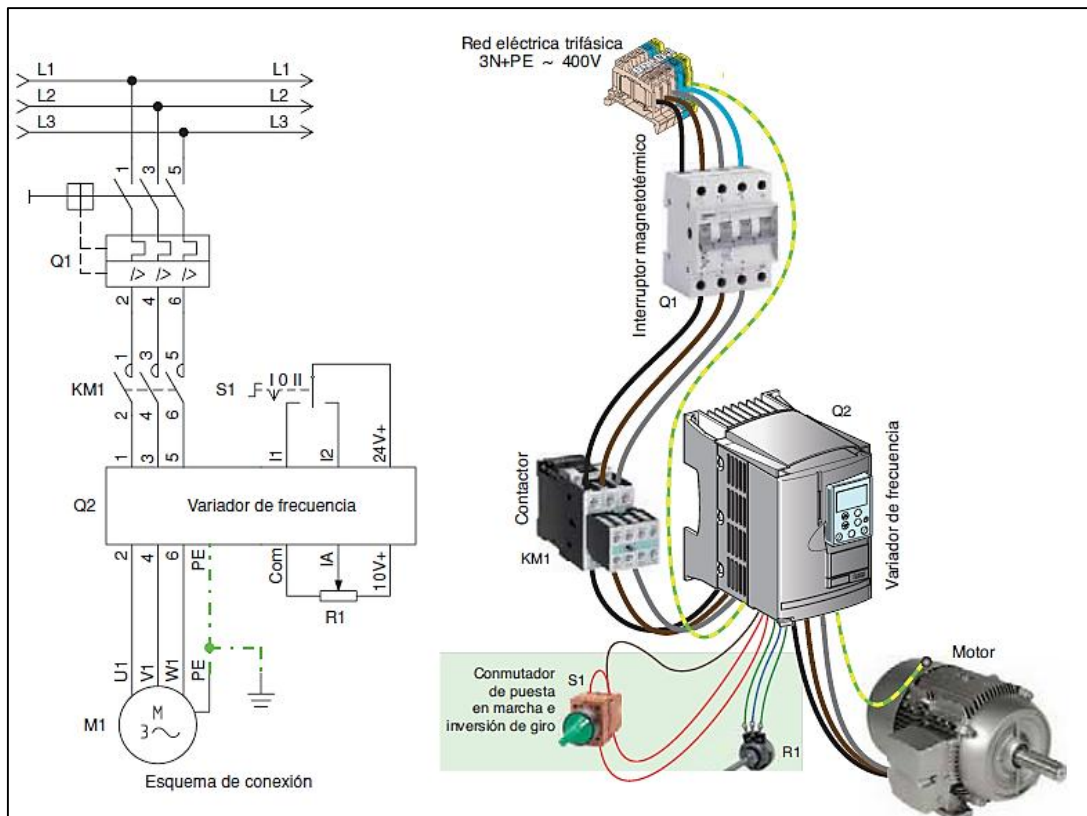


FIGURA I - 17: Conexión básica de un variador de frecuencia

Fuente: (Martín & García, 2009, pág. 214)

El conmutador de tres posiciones S1, permite arrancar el motor en un sentido de giro u otro. El potenciómetro R1 permite variar la velocidad a través de la entrada analógica. El contactor KM1 debe gobernarse mediante un circuito de mando basado, por ejemplo, en pulsadores de macha y paro.

Los variadores de velocidad disponen de diferentes circuitos de protección. Entre los más característicos se encuentran los de detección de falta de una fase, de sobrecorriente, de exceso de temperatura, etc.

1.14 FINALES DE CARRERA

Son interruptores de posición que permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él, volviendo estos a su posición de reposo cuando cesa la acción.

Se utilizan para detectar, por contacto físico, el final de recorrido de un elemento móvil de una máquina o dispositivo automático.

Un final de carrera consta de tres partes: base o envoltente, la cabeza de accionamiento y la cámara de contactos, ver figura I-18.

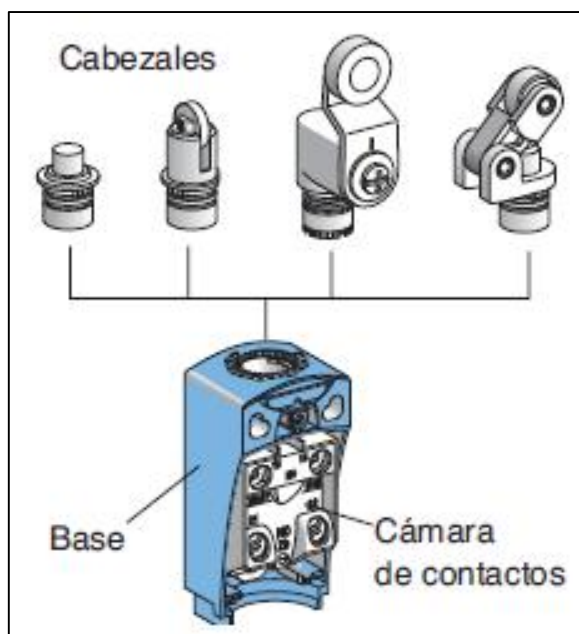


FIGURA I - 18: Interruptores de posición

Fuente: (Martín & García, 2009, pág. 144)

Existen de diversos modelos y materiales dependiendo de su aplicación, algunos se fabrican de material robusto para ambientes industriales agresivos, también existen numerosos tipos de cabezas de accionamiento (rodana, palanca, leva, varilla, etc.) que puede ser intercambiadas entre sí para un mismo modelo de final de carrera.

CAPÍTULO II

2 DISEÑO MECÁNICO DEL MECANISMO COPIADOR

2.1 DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO COPIADOR

El mecanismo que permitirá copiar el modelo y realizar la operación de torneado está conformado por los elementos que se muestran en la figura II-1:

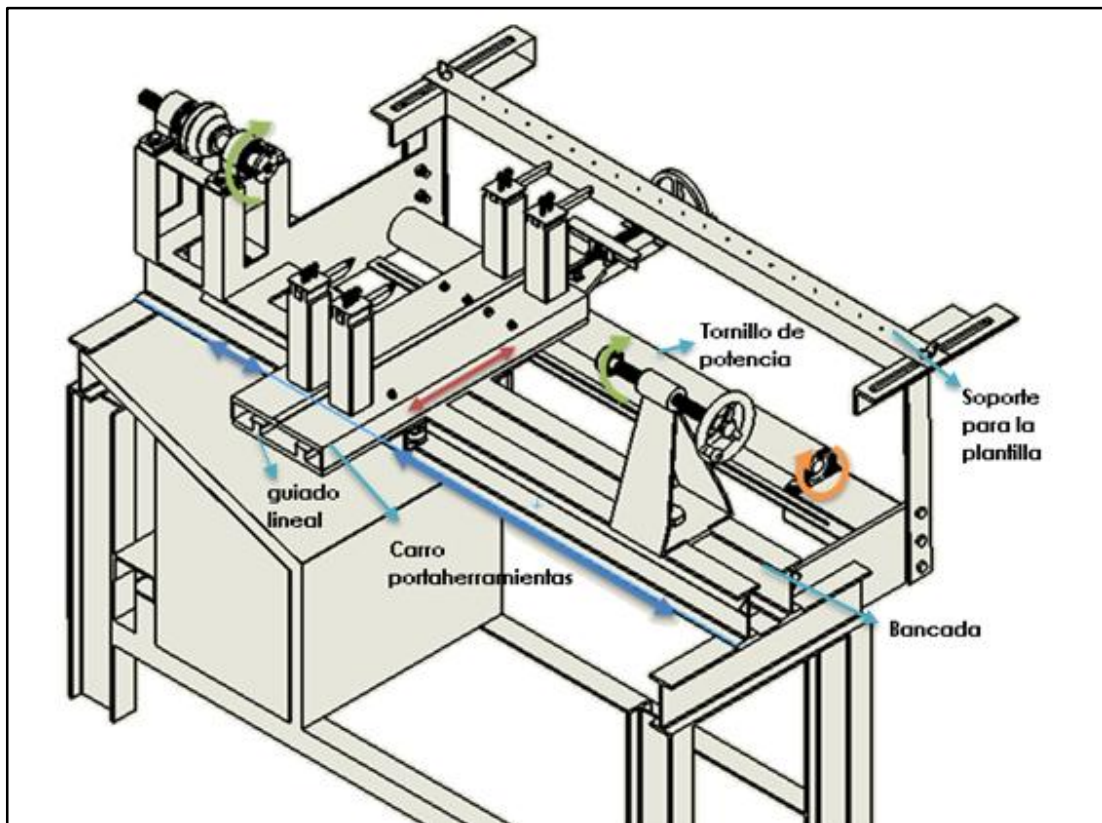


FIGURA II - 1: Esquema del mecanismo copiador

Fuente: Autor

El carro principal consta de una plancha de acero con dos guías sobre las cuales se desplazan los elementos porta cuchillas y porta palpador. Este elemento tiene la función de desplazarse longitudinalmente sobre la bancada, para ello posee unos rodachinas que le facilitan el movimiento. El desplazamiento se lo realizará en forma automática ayudado por un tornillo de potencia accionado por un motor de inducción trifásico.

El elemento porta cuchilla y el porta palpador están unidos entre sí mediante una plancha de acero lo cual permite que la cuchilla reproduzca el mismo movimiento que el palpador realizando una réplica del patrón sobre la pieza de torneado.

El porta herramientas tiene como función desplazarse en sentido transversal, para ello se utiliza un resorte que facilita este movimiento.

En la parte derecha de la figura II-1 se puede mirar el elemento en el cual se sujetará en resorte, este elemento tiene la capacidad de desplazarse hacia delante o hacia atrás para generar un efecto de mayor o menor tensión en el resorte.

2.2 FUNCIONES

- Transmitir la potencia del motor al tornillo de rosca cuadrada
- Transformar el movimiento circular a lineal a través del mecanismo tornillo rosca cuadrada – tuerca
- Desplazar en sentido longitudinal al carro portaherramientas
- Sujetar a las cuchillas que realizan el corte de la madera
- Sujetar al elemento palpador que recorre el patrón
- Sujetar al patrón que se va a utilizar para el torneado de la madera
- Soportar los esfuerzos que se producen al cortar la madera
- Desplazar en sentido transversal los elementos porta cuchillas y porta palpador
- Modificar la tensión del resorte de acuerdo a la operación de torneado que se esté realizando.

2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

- La entrada del tornillo de potencia de rosca cuadrada es un motor trifásico de $\frac{1}{2}$ hp
- El motor de entrada tiene una velocidad de giro regulable que va desde 0 a 1645 rpm
- Los elementos porta cuchillas y porta palpador están unidos entre sí y sometidos a esfuerzos producidos por las fuerzas de corte $F_c=948$ N, fuerza de avance $F_a=474$ N y la fuerza de penetración $F_p=237$ N
- El mecanismo tornillo rosca cuadrada - tuerca está conectado al carro portaherramientas que debe desplazarse 1m y pesa 35 Kg
- La estructura del sujeta cuchillas debe ser robusta
- Debe protegerse al mecanismo tornillo rosca cuadrada – tuerca contra la intemperie
- Los resortes deben tener una fuerza máxima de 474N
- La tensión de los resortes debe ser regulable de acuerdo a la operación de torneado
- El elemento porta cuchillas se desplazará en sentido transversal a través de un riel de guiado lineal.
- El mecanismo copiador será adaptado a un torno de operación manual que tiene la capacidad de tornear madera de hasta 1m entre puntos y un volteo sobre la bancada de 25 cm.
- Los cálculos de diseño se los realiza teniendo en cuenta que el diámetro que generalmente se tornea es de 100mm.
- De igual manera el diseño se lo realiza tomando en cuenta la velocidad de corte más alta que puede tener

2.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Seguridad
- Desempeño
- Facilidad de manufactura, operación y mantenimiento
- Usar materiales y componentes de fácil adquisición

2.5 PARÁMETROS DE TRABAJO DEL TORNO

2.5.1 ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES DE GIRO DEL HUSILLO

El mecanismo copiador está colocado sobre un torno para madera de operación manual que realiza la regulación de velocidad de giro del husillo mediante poleas, como se muestra en la figura II-2

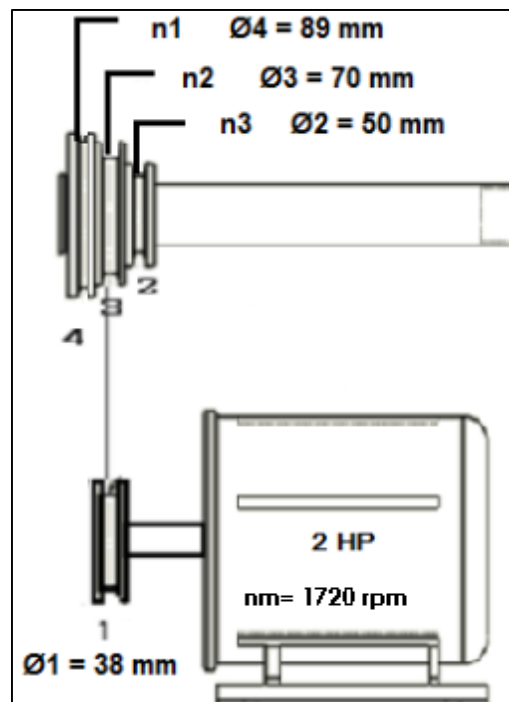


FIGURA II - 2: Regulación de velocidad mediante poleas del torno para madera de operación manual

Fuente: Autor

Este motor gira a una velocidad de 1720 rpm, la transmisión de movimiento está dada mediante correa trapezoidal conectada a una polea escalonada dándose así el cambio de velocidad.

$$n1 = \frac{nm \times d1}{d4}$$

$$n1 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 38 \text{ mm}}{89 \text{ mm}} = 734 \text{ rpm}$$

$$n2 = \frac{nm \times d1}{d3}$$

$$n2 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 38 \text{ mm}}{89 \text{ mm}} = 934 \text{ rpm}$$

$$n3 = \frac{nm \times d1}{d2}$$

$$n3 = \frac{1720 \text{ rpm} \times 38 \text{ mm}}{89 \text{ mm}} = 1307 \text{ rpm}$$

2.5.2 CÁLCULO DE LAS VELOCIDADES DE CORTE

Aplicando la ecuación 1 y tomando en cuenta las velocidades a las cuáles gira el husillo, se calcula las siguientes velocidades de corte

$$V1 = \frac{734 \times \pi \times 100}{1000} = 230,7 \frac{m}{min}$$

$$V2 = \frac{934 \times \pi \times 100}{1000} = 293,3 \frac{m}{min}$$

$$V3 = \frac{1307 \times \pi \times 100}{1000} = 410,7 \frac{m}{min}$$

2.5.3 CÁLCULO DE LA FUERZA DE CORTE

Para el cálculo de la fuerza de corte se define un avance de 3mm por revolución.

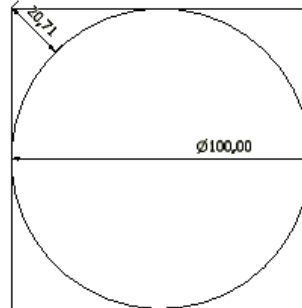


FIGURA II - 3: Cilindrado de la madera

Fuente: Autor

La profundidad de corte se mide en milímetros perpendicularmente al plano de trabajo.

Para ello tomamos en cuenta la medida inicial de la madera cuadrada, ver figura II-3 y la medida que se desea tener después de torneear la madera, de donde conocemos que se va a remover 20,71 mm de madera, lo cual se lo realizará en 10 pasadas por lo tanto la profundidad de corte en cada pasada es de $p=2,07$ mm.

De la ecuación 2 se obtiene que el valor de la sección de la viruta es:

$$S = p \times a$$

$$S = 2.07mm \times 3mm = 6,21 mm^2$$

La relación c se obtiene de la tabla I-6, con el valor de la sección de la viruta anteriormente calculado.

$$c = 3.72$$

Para el cálculo de la fuerza específica de corte se toma en cuenta la madera que presenta mayor resistencia al corte (tabla I-3) en donde:

$$\tau_R = 41MPa$$

De la ecuación 5 tenemos el valor de la fuerza específica de corte:

$$K_c = 3,72 \times 70MPa = 152,7MPa$$

Aplicando la ecuación 4 tenemos que la fuerza de corte es:

$$F_c = 152,7MPa \times 6,21mm^2 = 948N$$

La fuerza de avance y penetración se obtienen mediante la relación indicada en la ecuación 3:

$$F_p = \frac{F_c}{2} = 474N$$

$$F_a = \frac{F_c}{4} = 237N$$

2.6 SELECCIÓN DE LA CUCHILLA

La cuchilla del torno consta de una parte cortante y otra para sujeción del útil. El filo de la cuchilla está sometido a esfuerzos de corte, calentamiento y desgaste por lo que el material cortante debe tener una determinada dureza térmica.

Por esta razón para la elaboración de la cuchilla se utiliza un acero K 100 debido a su alta resistencia al desgaste y estabilidad dimensional en el tratamiento térmico, además es adecuado para la fabricación de herramientas de corte y trabajo en madera. Está compuesto DE %12 Cr, 2% C, 0.25 Si, 0,35 Mn y tiene un límite de resistencia a la fluencia $S_y=276$ MPa.

La herramienta realizará el corte de la madera en los dos sentidos de avance por ello va a tener la forma de una cuchilla de desbaste a dos manos y su geometría tendrá los siguientes ángulos: $\alpha=10^\circ$, $\beta=52^\circ$ y $\gamma=28^\circ$ como se muestra en la ilustración figura II-4.

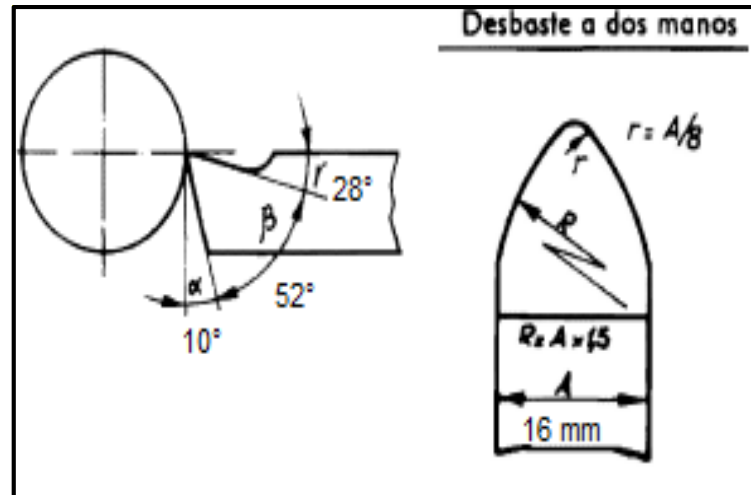


FIGURA II - 4: Ángulos de la cuchilla

Fuente: (Casillas, 1997, pág. 226)

Al realizar una operación de torneado la cuchilla ejerce sobre la pieza de trabajo una tres fuerzas, y a su vez se ejercen sobre la herramienta tres fuerzas de la misma magnitud pero en sentido contrario como muestra la figura II-5.

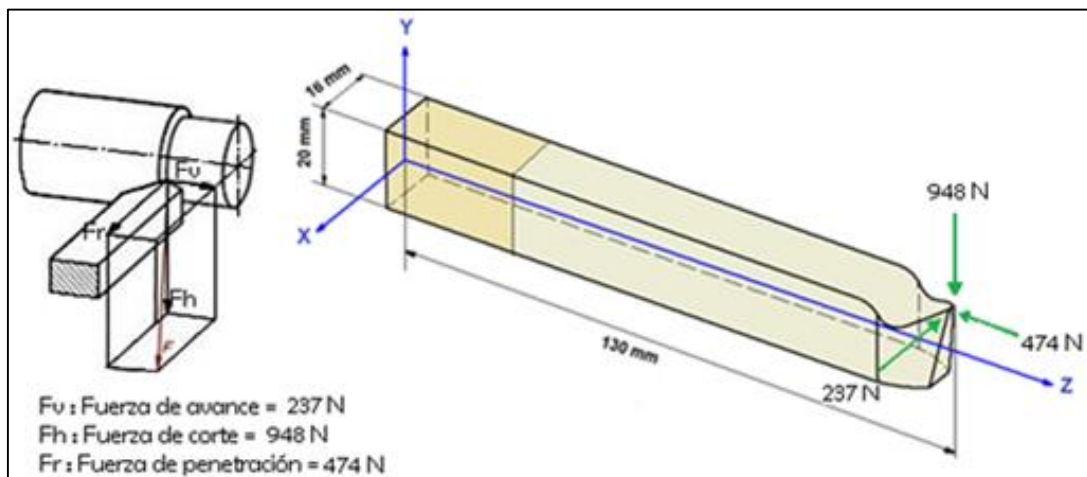


FIGURA II - 5: Fuerzas que actúan sobre la cuchilla

Fuente: Autor

Tanto la fuerza de corte como la fuerza de avance producen un esfuerzo de flexión en la cuchilla, mientras que la fuerza de penetración produce un esfuerzo de compresión.

Es esfuerzo de flexión se calcula mediante la ecuación 7.

Ecuación 7: Esfuerzo de flexión

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 86)

En donde:

M: es momento flector.

c: es la distancia al eje neutro

I: representa el momento de área, para la fuerza de corte alrededor del eje x y para la fuerza de avance alrededor del eje y. Se calcula mediante la ecuación 8.

Ecuación 8: Momento de área

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 86)

El esfuerzo de compresión se calcula utilizando la ecuación 9, la magnitud se considera negativa.

Ecuación 9: Esfuerzo de compresión

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 84)

En el plano yz la cuchilla está cargada por una fuerza concentrada en el extremo correspondiente a la fuerza de corte, como se muestra en la figura II-6.

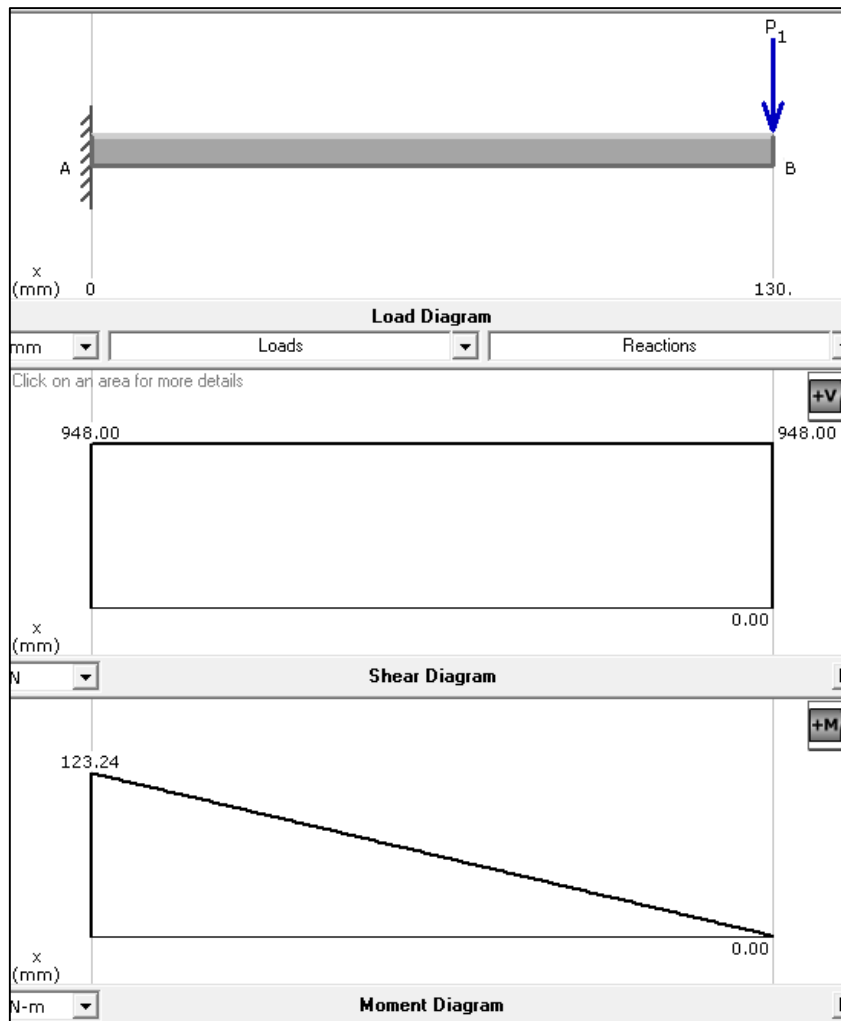


FIGURA II - 6: Diagrama de fuerza cortante y momento flector debido a la fuerza de corte

Fuente: Autor

El momento flector debido a la fuerza de corte se calcula:

$$M_{fx} = 948 \text{ N} \times 0,13 \text{ m} = 123,24 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El segundo momento de área en el eje x es:

$$I_x = \frac{1}{12} (0,016 \text{ m})(0,02 \text{ m})^3 = 1,06 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

En el plano xz actúa la fuerza de avance en el extremo de la cuchilla con una magnitud de 237 N como se muestra en el diagrama de fuerza cortante y momento flector en la figura II-7

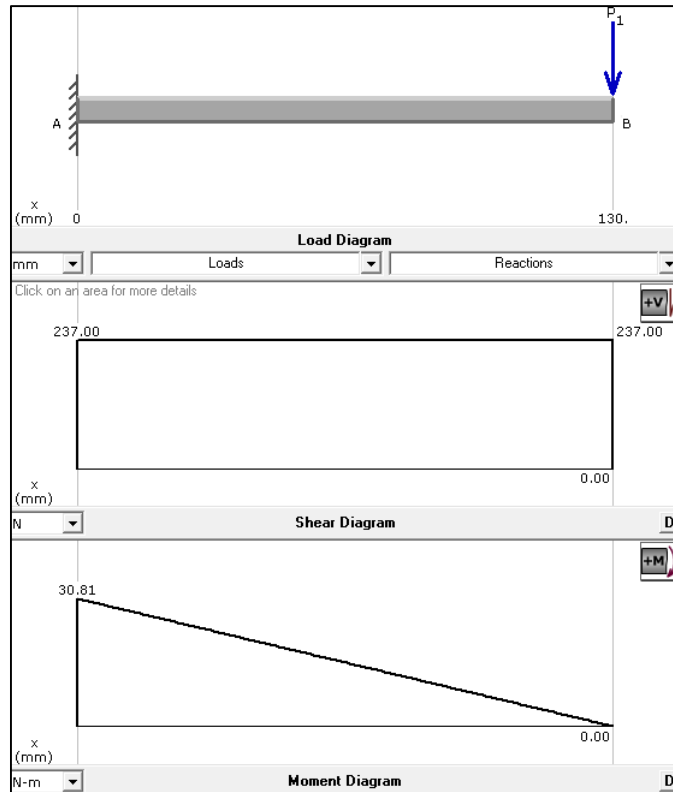


FIGURA II - 7: Diagrama de fuerza cortante y momento flector debido a la fuerza de avance

Fuente: Autor

El momento flector debido a la fuerza de avance:

$$Mfy = 237 \text{ N} \times 0,13 \text{ m} = 30,81 \text{ N.m}$$

El segundo momento de área en el eje y es:

$$Iy = \frac{1}{12} (0,02 \text{ m})(0,016 \text{ m})^3 = 6,82 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

El esfuerzo total es el resultado de todos los esfuerzos que se producen:

$$\sigma = - \left(\frac{Mfx * c}{I} + \frac{Mfy * c}{I} + \frac{F}{A} \right)$$

$$\sigma = - \left[\frac{(123,24 \text{ N.m})(0,01 \text{ m})}{1,06 \times 10^{-8} \text{ m}^4} + \frac{(30,81 \text{ N.m})(0,008 \text{ m})}{6,82 \times 10^{-9} \text{ m}^4} + \frac{474 \text{ N}}{(0,02 \text{ m})(0,016 \text{ m})} \right]$$

$$\sigma = -(116,26 + 35,19 + 1,48) \text{ MPa} = -152,93 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad se calcula mediante la expresión:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{276 \text{ MPa}}{152,93 \text{ MPa}} = 1,8$$

El material cumple con un factor de seguridad adecuado.

2.7 ANÁLISIS DEL ELEMENTO PARA SUJETAR LAS CUCHILLAS Y PALPADORES

Se denomina porta cuchillas al elemento mecánico que se utiliza para sujetar la herramienta de corte, el cual debe ser capaz de soportar los esfuerzos que se producen al cortar la madera, ver figura II-8.

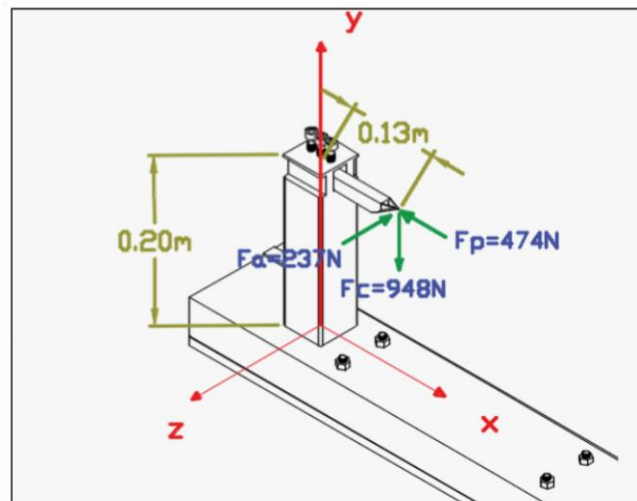


FIGURA II - 8: Elemento para sujetar las cuchillas y palpadores

Fuente: Autor

2.7.1 FUNCIONES

- Sujetar a las cuchillas que realizan el corte de la madera
- Sujetar al elemento palpador que recorre el patrón
- Soportar los esfuerzos que se producen al cortar la madera

2.7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

- El elemento está sometido a esfuerzos producidos por las fuerzas que se aplican en la cuchilla como se muestra en la tabla II-1:

TABLA II - 1: Fuerzas que se aplican a la cuchilla

Fuerza de avance	237 N
Fuerza de penetración	474 N
Fuerza de corte	948 N

Fuente: Autor

- La cuchilla debe estar bien sujeta
- El elemento debe ser robusto
- La base del portaherramientas es un tubo cuadrado con las especificaciones que se muestran en la figura II-9.

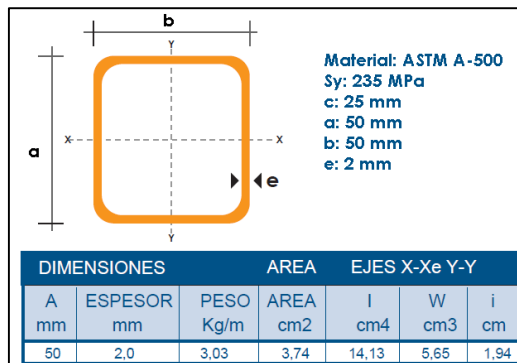


FIGURA II - 9: Descripción del tubo de la base del elemento para sujetar las cuchillas y palpadores

Fuente: Catálogo Dipac

2.7.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Seguridad
- Desempeño
- Facilidad de manufactura
- Usar materiales y componentes de fácil compra

Datos:

Se tiene como dato la fuerza que se aplica sobre la cuchilla

$$\vec{F} = -474\vec{i} - 948\vec{j} - 237\vec{k} \text{ N}$$

Y las especificaciones del tubo cuadrado con el que está fabricado el elemento para sujetar a las cuchillas y palpadores, las cuales fueron tomadas del catálogo Dipac

$$I = 14.13 \text{ cm}^4 = 1.41 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$c = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$$

$$S_y = 235 \text{ MPa}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$a = 50 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

Cálculo de momentos en O:

$$\vec{M}_O = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\vec{M}_O = (0.13\vec{i} - 0.2\vec{j}) \times (-474\vec{i} - 948\vec{j} - 237\vec{k}) \text{ N.m}$$

$$\vec{M}_O = (-47.4\vec{i} + 30.8\vec{j} - 28.44\vec{k}) \text{ N.m}$$

En el eje x y z se producen esfuerzos de flexión, mientras que en el eje y se producen esfuerzos de torsión.

Momento flector resultante:

$$M_O^2 = M_x^2 + M_y^2$$

$$M_O = \sqrt{(-47.4)^2 + (-28.44)^2} = 55.27 \text{ N.m}$$

El esfuerzo máximo de flexión está dado por la ecuación 7:

$$\sigma_{max} = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{55.27 \text{ N.m} \times 0.025 \text{ m}}{1.41 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{max} = 9.8 \text{ MPa}$$

El esfuerzo de torsión para un tubo cuadrado se calcula mediante la ecuación 9.

Ecuación 10: Esfuerzo de torsión para un tubo cuadrado

$$\tau_{max} = \frac{T}{Q}$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 98)

$$Q = 2t(a - t)(b - t)$$

$$Q = 2(2)(50 - 2)(50 - 2) \text{ mm}^3 = 9.21 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\tau_{max} = \frac{30.8 \text{ N.m}}{9.21 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 3.34 \text{ MPa}$$

Teoría de von Mises para encontrar el factor de seguridad:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\tau_{max}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{9.8^2 + 3(3.34)^2} = 11.38 \text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$F_s = \frac{235 \text{ MPa}}{11.38 \text{ MPa}} = 20.65$$

El elemento cumple con un factor de seguridad adecuado.

2.8 SELECCIÓN DEL RESORTE PARA EL SISTEMA COPIADOR

Para la selección del resorte tomamos en cuenta la fuerza de penetración $F_p = 474$ N para garantizar un óptimo recorrido de cuchilla sobre la madera a tornearse.

Con este dato se elige del Catálogo de resorte SPEC, el resorte de extensión E10001485000M mostrado en la figura II-10 (ver anexo 1) que tiene las siguientes características mostradas en la tabla II-2

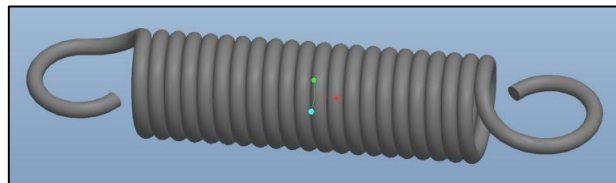


FIGURA II - 10: Resorte E10001485000M

Fuente: (Associated Spring Barnes Group, 2015)

TABLA II - 2: Características del resorte SPEC E10001485000M

DATOS DEL RESORTE E10001485000M	
Diámetro exterior	$D_o = 25.4$ [mm]
Diámetro del alambre	$d = 3.76$ [mm]
Longitud libre	$L_o = 127$ [mm]
Longitud máxima extendida	$L_1 = 177.29$ [mm]
Carga	$F_{max} = 478.47$ [N]
Tensión inicial	$F_i = 43.06$ [N]
Coefficiente de tracción	$k = 8.69$ [N/mm]

Fuente: (Associated Spring de Barnes Group, 2015)

Con estos datos se procede a determinar los parámetros físicos del resorte:

Diámetro interior: $D = D_o - d = 25.4[mm] - 3.76[mm] = 21.64$ [mm]

Índice del resorte: $C = \frac{D}{d} = 7.75$

El esfuerzo inicial sin corregir está dado por la ecuación 10.

Ecuación 11: Esfuerzo inicial sin corregir en el resorte

$$\tau i_{(nocorr)} = \frac{8FiD}{\pi d^3}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 528)

$$\tau i_{(nocorr)} = 44.63 [MPa] = 6.4 [Kpsi]$$

El rango preferido de esfuerzos lo proporciona la ecuación 11, para este caso es:

Ecuación 12: Rango preferido de esfuerzos de un resorte

$$\tau i_{(pref)} = \frac{33500}{\exp(0,105C)} \pm 1000 \left(4 - \frac{C-3}{6.5} \right) [psi]$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 528)

$$\tau i_{(pref)} = \frac{33500}{\exp(0,105 \times 6,35)} \pm 1000 \left(4 - \frac{6,35 - 3}{6,5} \right)$$

$$\tau i_{(pref1)} = 14,7 [Kpsi]$$

$$\tau i_{(pref2)} = 21,6 [Kpsi]$$

“Los materiales para resorte se pueden comparar mediante un examen de sus resistencias a la tensión, ... Resulta que la gráfica de resistencia a la tensión contra diámetro del alambre es casi una línea recta” (Budynas & Keith, 2008, pág. 505). La ecuación de esa recta es la descrita en la ecuación 12.

Ecuación 13: Resistencia de tensión mínima de alambres

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 505)

Del anexo 1 podemos encontrar el valor de las constantes $m=0,145$ y $A=2211$ MPa.mm^m, entonces:

$$S_{ut} = \frac{2211}{3,4^{0,145}} = 1854,5 \text{ [MPa]}$$

“El cálculo correspondiente del esfuerzo de fluencia al corte con base en la teoría de la energía de distorsión es $S_{sy} = 0.577(0.75)S_{ut} = 0.433S_{ut} = 0.45S_{ut}$ ” (Budynas & Keith, 2008, pág. 507). Como se muestra en la ecuación 13.

Ecuación 14: Resistencia a la fluencia

$$S_{sy} = 0,45 \times S_{ut}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 507)

$$S_{sy} = 883,2 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo cortante bajo la carga de servicio está dado por la ecuación 14:

Ecuación 15: Esfuerzo cortante bajo la carga de servicio

$$\tau_{max} = K_B \frac{8FD}{\pi d^3}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 501)

En donde K_B es el factor de Bergsträsser de corrección del esfuerzo cortante y se define mediante la ecuación 15.

Ecuación 16: Factor de Bergsträsser de corrección del esfuerzo cortante

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3}$$

Fuente: (Budynas & Keith, 2008, pág. 501)

$$K_B = 1.25$$

$$\tau_{max} = 1.25x \frac{8(474 \text{ [N]})(21.64 \text{ [mm]})}{\pi(3.76 \text{ [mm]})^3} = 614.08 \text{ [MPa]}$$

Budynas & Keith (2008) afirman. “Además de las relaciones y propiedades del material para resorte, se pueden recomendar algunas condiciones de diseño, a saber: $4 \leq C \leq 12$, ... $ns \geq 1.2$. (p. 510).

$$ns = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{883.2 [MPa]}{614.08 [MPa]} = 1.33$$

2.9 SELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL TORNILLO DE ROSCA CUADRADA

Para el desplazamiento del carro principal porta herramienta se utilizará un tornillo de transmisión que será encargado de transmitir el giro o desplazamiento angular del motor eléctrico en desplazamiento rectilíneo.

Para ello se elige un tornillo de rosca cuadrada, ver figura II-11 debido a que es el de mayor eficiencia, el tornillo tiene las características mostradas en la tabla II-3:

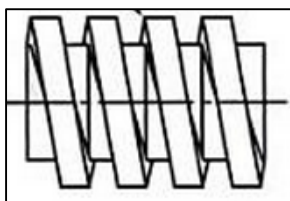


FIGURA II - 11: Tornillo de rosca cuadrada

Fuente: (Mott, 2006)

TABLA II – 3: Características del tornillo de potencia de rosca cuadrada.

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO DE POTENCIA DE ROSCA CUADRADA	
Paso	$p = 6$ [mm]
Diámetro mayor	$D = 25$ [mm]
Diámetro menor	$D_r = 19$ [mm]
Diámetro de paso	$D_p = 22$ [mm]
Coefficiente de fricción	$f = 0,15$
Avance del tornillo	$l = 6$ [mm]
Masa del carro principal	$m = 35$ [Kg]

Fuente: Autor

2.9.1 CÁLCULO DE PAR TORSIONAL PARA MOVER UNA CARGA

En el diseño de cualquier tornillo de potencia es necesario calcular el par de torsión requerido para “subir” la carga, T_u , y el par necesario para “bajarla”, T_b . Como el tornillo es horizontal; el par para “subir” será el que se requiere para mover el tornillo en dirección contraria a la de la fuerza y el par para bajar será el requerido cuando el movimiento tiene la misma dirección de la fuerza.

Para el cálculo de la fuerza tomamos en cuenta el peso del carro portaherramientas que se va a mover y la fuerza de avance que va a presentar la herramienta de corte

$$F = mg + Fa = 343,3 [N] + 237 [N] = 580,3 [N]$$

El par torsional para subir una carga mediante rosca es como se muestra en la ecuación 16.

Ecuación 17: Par torsional para subir una carga mediante rosca

$$T_u = \frac{FDp}{2} \left(\frac{l + \pi f Dp}{\pi Dp - fl} \right) = 1,53 \text{ N.m}$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 700)

$$T_u = \frac{580.3[N] \times 0.022[m]}{2} \left(\frac{0.006[m] + \pi \times 0.15 \times 0.022[m]}{\pi \times 0.022[m] - 0.15 \times 0.006[m]} \right)$$

$$T_u = 1,53 [N.m]$$

El par torsional para bajar una carga con un tornillo de rosca cuadrada se calcula mediante la ecuación 17.

Ecuación 18: Par torsional para bajar una carga con un tornillo de rosca cuadrada

$$T_b = \frac{FDp}{2} \left(\frac{\pi f Dp - l}{\pi Dp + fl} \right)$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 701)

$$Tb = \frac{580.3[N] \times 0.022[m]}{2} \left(\frac{\pi \times 0.15 \times 0.022[m] - 0.006[m]}{\pi \times 0.022[m] + 0.15 \times 0.006[m]} \right)$$

$$Tb = 0,4 [N.m]$$

2.9.2 EFICIENCIA MECÁNICA

La eficiencia de la transmisión de una fuerza por un tornillo de potencia se puede expresar como la relación del par torsional necesario para mover la carga sin fricción, entre la correspondiente con fricción T' .

El par torsional requerido sin fricción se calcula mediante la ecuación

Ecuación 19: Par torsional requerido para mover una carga sin fricción

$$T' = \frac{Fl}{2\pi}$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 701)

La eficiencia mecánica está definida por la ecuación 19.

Ecuación 20: Eficiencia de un tornillo de potencia

$$e = \frac{T'}{Tu} = \frac{Fl}{2\pi Tu}$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 701)

$$e = 0,326$$

2.9.3 VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL NÚCLEO

El núcleo del tornillo está sometido a una combinación de carga axial y torsión; el esfuerzo debido a la fuerza tensión, está dado por:

$$\sigma = \frac{F}{At}$$

En donde F es la carga axial y At de esfuerzo de tensión que se calcula mediante la ecuación 20.

Ecuación 21: Área de esfuerzo de tensión para un tornillo de potencia

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_r + D_p}{2} \right)^2$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 699)

Partiendo de eso tenemos que:

$$A_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{19[\text{mm}] + 22[\text{mm}]}{2} \right)^2 = 330 [\text{mm}^2]$$

$$\sigma = 1,75 [\text{MPa}]$$

El esfuerzo cortante máximo ocurre en la periferia y está dado por:

$$T = T_s + T_b = 1,93 [\text{N.m}]$$

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi D r^3} = 1,4 [\text{MPa}]$$

Utilizando la teoría de falla de Von Mises tenemos:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + \tau_{max}^2} = 3,04 [\text{MPa}]$$

El material del eje es un acero inoxidable AISI 304 que tiene una resistencia a la fluencia de 225 MPa; por lo tanto se cumple que $\sigma' < S_y$ lo que nos garantiza que el tornillo de resiste las cargas axiales y de torsión.

CAPÍTULO III

3 SISTEMA ELÉCTRICO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA QUE MUEVE EL CARRO PRINCIPAL

Para el sistema eléctrico se debe tomar en cuenta que se adaptará al torno un motor trifásico de $\frac{1}{2}$ hp que mueva el carro portaherramientas en las dos direcciones (derecha e izquierda) para que la herramienta se desplace a lo largo de la pieza de trabajo cumpliendo con su función.

Dependiendo del tamaño, forma de la figura que se va a torneear y operación de torneado el carro portaherramientas deberá moverse con mayor o menor velocidad, para ello se utilizará un variador de frecuencia que permita el cambio de velocidades e invierta el giro del motor.

El torno originalmente funciona con un motor monofásico de 2 hp, el cual transmite el movimiento a través de poleas escalonadas que le permiten variar la velocidad de rotación de la pieza. Este motor es accionado por dos botones que permiten el encendido y apagado del mismo, ver figura III-1

Para satisfacer estos requerimientos se debe disponer de los siguientes elementos:

- Motor trifásico, que transmitirá el movimiento al tornillo de potencia, permitiendo el desplazamiento longitudinal de la herramienta de corte.
- Variador de frecuencia, el cual nos permite tener diferentes velocidades para el desplazamiento del carro principal, dependiendo del tipo de pieza que se va a torneear y del tamaño de la misma. El operario podrá realizar la variación de velocidad girando una perilla ubicada en un tablero de control.
- Fines de carrera, que envían una señal indicando que el carro ha llegado al final de la bancada y debe cambiar el sentido de desplazamiento. La señal será enviada al variador de frecuencia el cuál realizará el cambio de giro del motor.

- Un motor dc que permite mover el elemento que sujeta al resorte modificando así su tensión.
- Elementos de mando y maniobra, que son dispositivos auxiliares como pulsadores, interruptores, contactores, luces piloto, que permiten tener accionamientos seguros y visualización del estado de la máquina.

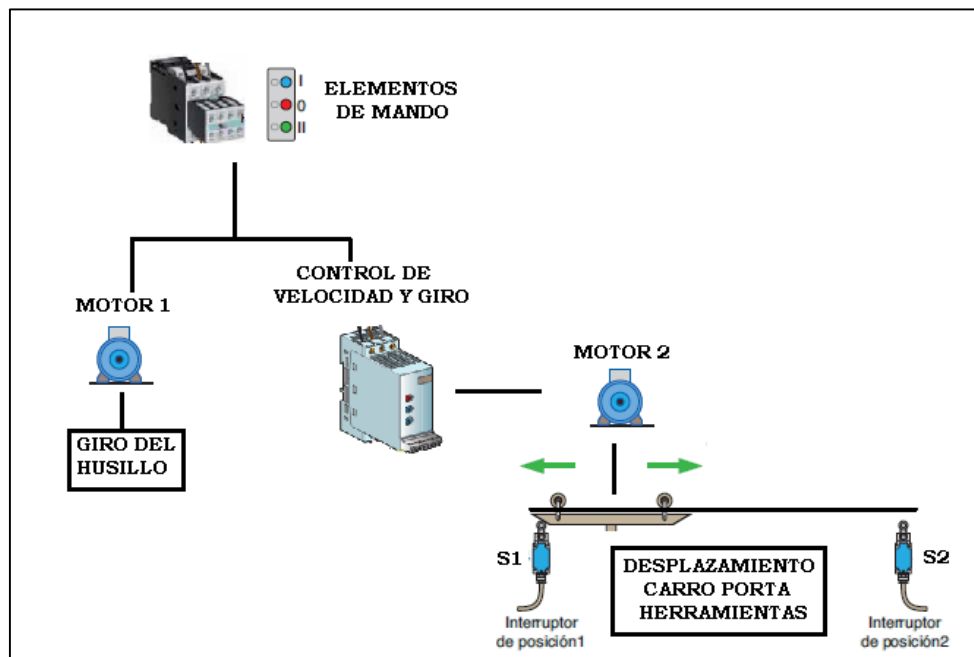


FIGURA III - 1: Esquema del sistema eléctrico

Fuente: Autor

3.2 POTENCIA REQUERIDA PARA IMPULSAR EL TORNILLO SELECCIÓN DEL MOTOR

Si el par torsional requerido se aplica a una velocidad de giro constante n , entonces la potencia necesaria para impulsar el sistema medida en Hp está dada por la siguiente ecuación 21.

Ecuación 22: Potencia requerida para impulsar un tornillo de potencia

$$H = \frac{Tn}{63000}$$

Fuente: (Mott, 2006, pág. 702)

En donde H, representa la potencia en hp, T es el par torsión en lbf.in y n la velocidad de rotación del eje en rpm.

El motor girará a 1700 rpm; el par requerido para mover una carga es 1.93 [N.m] que realizando la conversión de unidades nos da una equivalencia de T= 13,5 lbf.in.

Con estos datos obtenemos que la potencia que requiere el motor para realizar este trabajo es de: H= 0,36 hp

3.3 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

3.3.1 MOTOR

Para la selección del motor se toman en cuenta los siguientes parámetros, ver tabla III-1:

- Potencia requerida para mover al carro porta herramientas
- Facilidad para controlar su velocidad y cambio de giro
- Grado de protección necesario para trabajar en un ambiente con polvo
- Se elige un motor con las características que se detallan a continuación:

TABLA III - 1: Características del motor

Tipo:	1LA7070-4YA60
Potencia:	½ hp
Tensión:	220 VAC – 440 VAC
Velocidad:	1800 rpm
Número de polos:	4
Marca:	Siemens
Protección:	IP55

Fuente: Autor



FIGURA III - 2: Motor trifásico SIEMENS 1LA7

Fuente: (SIEMENS, 2008)

3.3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA

Para esta aplicación se requiere controlar la velocidad y cambio de giro de un motor trifásico de ½ hp, para ello tenemos algunas opciones en el mercado.

TABLA III - 2: Tabla comparativa de los variadores de frecuencia

MODELOS		LG STARVERT SV004IC5-1	OMRON 3G3JV-AB004	SIEMENS 6SL3211-0AB13- 7UA0
CARACTERÍSTICAS				
Grado de protección IP 20		x	x	X
Entrada monofásica		200~230V	200~240V	200~240V
Desviación admisible en la tensión de entrada		-10% a 10%	-15% a 10%	-10% a 10 %
Frecuencia de pulsación		1~15kHz	2.5kHz~10kHz	2kHz~16kHz
Frecuencia de salida		0~400Hz	0~400Hz	0~650Hz
Método de control	Característica V/f lineal	x		X
	Característica V/f cuadrática	x		X
	Característica V/f parametrizable	x		X

	Pwm sinusoidal (control V/f)		x	
	Vectorial lazo abierto	x		
Control del operador	Keypad	x	x	X
	Terminales	x	x	X
	USS interface	x	x	X
Potenciómetro incorporado		x	x	
Entradas	Digitales	5	5	3
	Analógicas	1 (0~10V)	1 (0~10V)	1 (0~10V)
Salidas	Digitales	1	1	1 (24V DC, 50 mA)
	Analógicas	1 (0~10V CC)	1 (0~10V CC)	
Temperatura ambiente de funcionamiento		-10~40° C	-10~50° C	-10~40° C
Disponible en el mercado local		No	No	Si

Fuente: Autor

Se eligió un variador de velocidad SIEMENS SINAMICS G 110 6SL3211-0AB13-7UA0, ver figura porque está disponible en el mercado y posee las características necesarias para la aplicación requerida como podemos observar en la tabla III-2.



FIGURA III - 3: Variador de frecuencia SIEMENS SINAMICS G110

Fuente: (SIEMENS, 2008)

Los datos técnicos y características las podemos encontrar en el anexo 2

3.3.2.1 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

A continuación se muestra la tabla III-3 que relaciona los parámetros que han sido configurados para esta aplicación y la función que tiene cada uno de ellos:

TABLA III - 3: Parámetros configurados en el variador de frecuencia

PARÁMETRO	VALOR	FUNCIÓN
P0003	3	Nivel de acceso experto
P010	1	Permite ingresar los parámetros de motor
P100	1	Potencia del motor
P290	0	Reducción de velocidad cuando hay sobre temperatura
P295	5	Tiempo de retardo de desconexión del ventilador
P304	220	Voltaje nominal del motor
P305	1.9 A	Corriente nominal del motor
P307	0.55 Hp	Potencia nominal del motor
P308	0.81	Factor de potencia del motor

P309	0	Rendimiento nominal del motor %, calculo interno
P310	60 Hz	Frecuencia nominal de motor
P311	1590 rpm	Velocidad nominal del motor
P010	0	Permite definir bornes
P701	1	Entrada digital 1 ON/OFF
P702	12	Inversión de giro
P1082	60	Frecuencia máxima
P1120	0.5 s	Tiempo de aceleración
P1121	0.5 s	Tiempo de desaceleración

Fuente: Autor

3.3.3 FINES DE CARRERA

Para enviar la señal al variador de frecuencia que activa el cambio de giro del motor se selecciona los interruptores de posición SIEMENS SIRIUS 3SE5232-H310, ver figura III-4, tipo rodillo y pulsante sencillo de ejecución especial para uso en ambientes polvorientos; en caja de material aislante de 31 mm de ancho, grado de protección IP65, con contactos (1NA + 1NC) móviles dobles de acción instantánea que garantizan una elevada seguridad de contacto y un alto grado de confiabilidad.



FIGURA III - 4: Interruptor de posición 3SE5232-H310

Fuente: (SIEMENS, 2008)

3.4 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Previo a la construcción del tablero de control, se diseñó el plano de ubicación de los elementos que conforman este tablero. Y se seleccionó el gabinete modular cuyas características las podemos ver en el anexo 2

El circuito de alimentación y fuerza del tablero de control consta de los siguientes elementos:

- Breaker bifásico principal: protege las líneas de alimentación de todo el sistema, desconectándose automáticamente cuando la intensidad de corriente es mayor a 25 A.
- Protección del motor principal: conformada por un breaker bifásico conjuntamente con un relé térmico que se desconectan automáticamente cuando la intensidad de corriente supera los 16 A.
- Fusibles de protección, para proteger el circuito de control para el motor de 2 hp.
- Contactor principal: activa a todo el sistema luego del breaker principal, bajo un sistema de enclavamiento con pulsadores de marcha y paro de emergencia.
- Contactor de alimentación del motor principal: activa o desactiva la alimentación del motor de 2 hp, mediante un sistema de enclavamiento con pulsadores de puesta en marcha y paro.

El circuito de control consta de conexiones al variador que permite controlar la velocidad del motor y el cambio de giro del mismo.

3.5 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Para la construcción del tablero de control se siguió el procedimiento detallado a continuación.

1. Adquisición de todos los materiales que se van a utilizar.

Para la adquisición de los elementos que intervienen en el accionamiento seguro de los motores es importante conocer la tensión de alimentación y la corriente de consumo de los mismos. La tabla III-4 muestra el consumo nominal de los elementos de mando y control

TABLA III - 4: Consumo nominal de los aparatos eléctricos

APARATOS ELÉCTRICOS	CONSUMO NOMINAL
Motor bifásico 2hp	6.8 A
Motor trifásico ½ hp	1.7 A
2 contactores	1 A
1 variador de frecuencia	1 A
Varios (fines de carrera)	1 A
Total de consumo	11.5 A

Fuente: Autor

La tensión de la línea de alimentación es 220V. La corriente con la que se selecciona los materiales de protección debe ser mayor que la de consumo nominal, la tabla III-5 no muestra la lista de materiales que se seleccionaron

TABLA III - 5: Material eléctrico para el tablero de control

MATERIAL ELÉCTRICO	FUNCIÓN
Breaker Termomagnético 220V, 25 A	Proteger la línea principal de alimentación
Contactador 220V, 25 A	Control para energizado del sistema eléctrico
Fusibles 2 A	Protección de la alimentación del variador
Breaker Termomagnético 220V, 16 A	Conexión arranque directo del motor de 2 hp
Relé térmico de 10~16 A	Conexión arranque directo del motor de 2 hp
Contactador 220V, 12 A	Control puesta en marcha del motor de 2 hp
Luces y pulsadores 220V	Señalización y accionamiento

Fuente: Autor

2. Tomar medidas de los materiales y realizar un diagrama de su ubicación (ver anexo 3, distribución del tablero de control). Es importante tomar en cuenta las especificaciones que nos da el fabricante del variador para su instalación, ver la figura III-5

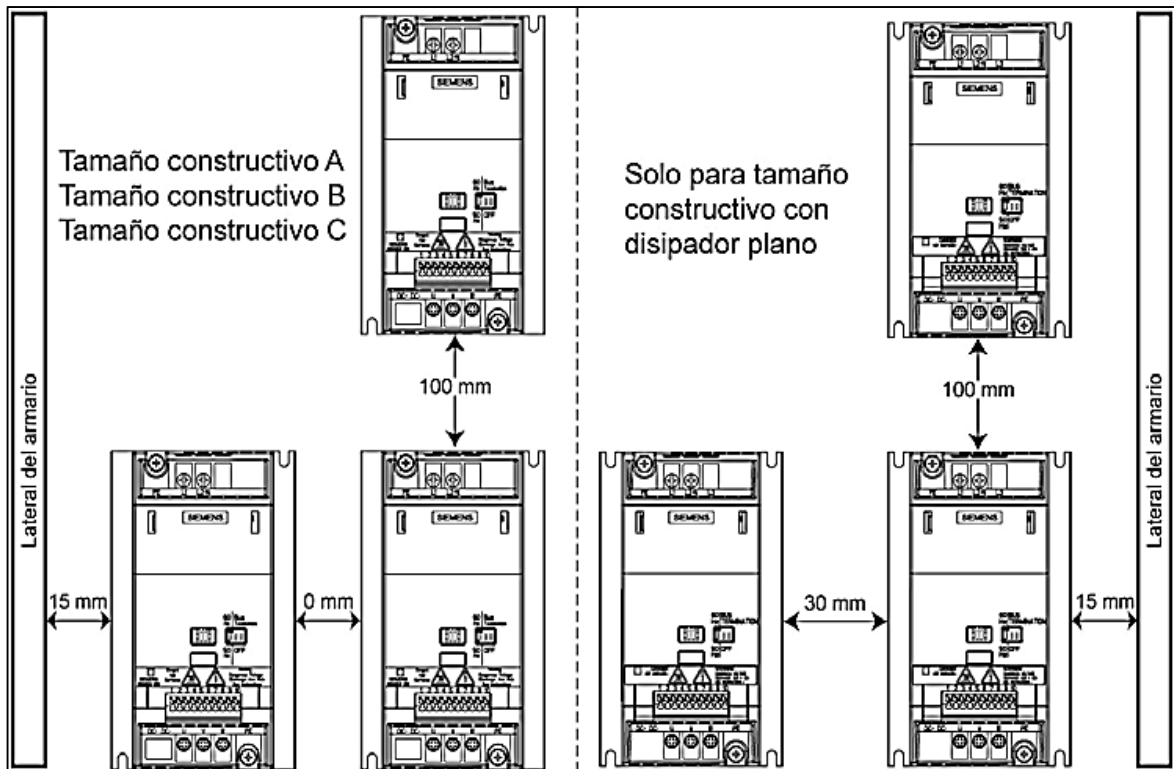


FIGURA III - 5: Distancias para el montaje del variador de frecuencia

Fuente: (SIEMENS, 2008)

3. Inspeccionar las medidas y elegir un gabinete modular.

De acuerdo al diagrama de ubicación de los elementos de mando y control eléctrico se elige un gabinete modular liviano para montaje en pared de 60x40x20 con doble fondo metálico con pintura electrostática y un grado de protección con un grado de protección IP 65.



FIGURA III - 6: Gabinete modular

Fuente: (sitio web de EINSA Equipamiento Electrónico Industrial S.A., 2007)

4. Perforar y ubicar la riel din, la canaleta y los componentes.

De acuerdo al diagrama de ubicación de los elementos (ver anexo 3) se realiza la colocación de todos los elementos que van ubicados dentro del tablero de control.

5. Inspección de las ubicaciones

6. Cableado de potencia.

Siguiendo el diagrama de las protecciones eléctricas (anexo 3) se procede a realizar la conexión de los elementos para protección de la línea de entrada y protección de los motores con un cable AWG flexible número 12, constatando que todos queden con las marcas correspondientes.

7. Verificación de las conexiones del cableado de potencia

Se verifica que todos los cables estén bien sujetos a los bornes de conexión, que las marcas sean las correspondientes de acuerdo al diagrama eléctrico y la continuidad.

Para la conexión a los motores que se encuentran en el exterior del tablero de control se utiliza cable sucre número 12.

8. Cableado de control

Utilizando el diagrama eléctrico de control (anexo 3) se realiza el cableado de los elementos de mando y control como son los botones y luces con un cable AWG flexible número 16.

Para los fines de carrera que se encuentran en el exterior del tablero de control se utiliza cable sucre número 16.

9. Verificación de las conexiones del cableado de control

Se revisa que todas las conexiones estén bien realizadas siguiendo la continuidad de cada uno de los cables de acuerdo al diagrama eléctrico de control (anexo 3), finalmente se energiza el sistema y se realiza una prueba del funcionamiento de todos los componentes eléctricos sin conectar los motores.

10. Transporte al lugar de instalación

11. Instalación en el lugar de trabajo.



FIGURA III - 7: Tablero de control

Fuente: Autor

Se Realizó El Cableado Del Tablero De Acuerdo Al Plano Del Anexo 3, El Cual Detalla La Disposición De Las Conexiones Entre Los Elementos Del Tablero.

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Previa la instalación del sistema se comprueba el funcionamiento tanto de sus elementos mecánicos como del automatismo que mueve el carro principal.

4.1.1 SISTEMA MECÁNICO

Una vez que se ha ensamblado el sistema mecánico se procede a la comprobación de cada una sus partes.

Para ello se procede a colocar una plantilla en el sujeta patrón, y una manivela en el tornillo de rosca cuadrada mediante la cual se verifica el correcto desplazamiento longitudinal del carro portaherramientas, así como el movimiento transversal de los elementos porta cuchillas y porta palpador constatando que los resortes realicen su función y se siga el movimiento que produce el patrón.

4.1.2 TABLERO DE CONTROL

Para verificar el funcionamiento de los elementos que conforman el tablero de control, se revisa el diagrama probando continuidad en cada una de las conexiones, posteriormente se energiza el sistema y se analiza lo siguiente:

- Energización del sistema mediante el accionamiento de los breakers de protección.
- Encendido y apagado general del sistema accionando los pulsadores on y off respectivamente
- Puesta en marcha y paro del motor principal mediante los pulsadores destinados para este fin.
- Puesta en marcha y paro del motor que mueve al carro portaherramientas.
- Verificación de la variación de velocidad a través de la señal del potenciómetro.

- Cambio de giro del motor, cuando el variador recibe las señales enviadas por los interruptores de posición.

4.2 ENSAYOS CON EL SISTEMA DE TORNEADO TRADICIONAL

Se realiza un ensayo de cilindrado de piezas de madera de 30 cm de longitud con diferentes diámetros para determinar la uniformidad que existe entre ellas, obteniéndose los siguientes resultados, ver tabla IV-1:

TABLA IV - 1: Uniformidad en el ensayo de cilindrado con el sistema tradicional

DIÁMETRO DESEADO	# DE PIEZAS UNIFORMES	% DE UNIFORMIDAD
150 mm	7	71.42%
100 mm	7	92.85%
80 mm	7	57.14%
50 mm	7	42.85%

Fuente: Autor

Se realiza un ensayo para determinar el tiempo que toma torneear una madera de 100 mm de diámetro con una longitud de 30 cm de longitud, ver tabla IV-2.

TABLA IV - 2: Tiempo de torneado con el sistema de torneado tradicional

# ENSAYOS	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	80
2	85
3	83
4	84
5	86
TOTAL	418

Fuente: Autor

4.3 ENSAYOS CON EL MECANISMO COPIADOR

Se realiza un ensayo de cilindrado de piezas de madera de 20 cm de longitud con diferentes diámetros para determinar la uniformidad que existe entre ellas, obteniéndose los siguientes resultados, ver tabla IV-3:

TABLA IV - 3: En el ensayo de cilindrado con el sistema copiadador

DIÁMETRO DESEADO	# DE PIEZAS	% DE UNIFORMIDAD
150 mm	7	100%
100 mm	7	100%
80 mm	7	100%
50 mm	7	100%

Fuente: Autor

Se realiza un ensayo para determinar el tiempo que toma tornearse una madera de 100 mm de diámetro con una longitud de 20 cm de longitud, ver tabla IV-4.

TABLA IV - 4: Tiempo de torneado con el sistema copiadador

# ENSAYOS	TIEMPO EN SEGUNDOS
1	73
2	75
3	74
4	75
5	73
TOTAL	370

Fuente: Autor

4.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Del ensayo de cilindrado de piezas de madera de 20 cm de longitud se obtuvo como resultado márgenes bajos de uniformidad cuando se trabaja con el sistema manual de torneado, además esto va a depender en gran medida de la habilidad que tenga el artesano para realizar estas tareas.

Al realizar las pruebas con el mecanismo copiador se puede apreciar la diferencia del tiempo de maquinado con respecto al sistema de torneado tradicional.

4.5 INTERPRETACIÓN DE DATOS

Después de analizar los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos, se puede observar que con la implementación del sistema copiador se ha logrado que la madera torneada tenga uniformidad con otras piezas de las mismas dimensiones, factor que es indispensable a la hora de fabricar mueble o artesanías.

De igual manera el sistema permite reducir el tiempo empleado para esta tarea, permitiéndoles a los artesanos contar con procesos de producción más rápidos. Además de permitirle al operario realizar este trabajo de una manera más segura.

4.6 ANÁLISIS DEL COSTO DE PROYECTO

El análisis de costo del proyecto resulta de vital importancia saber y conocer a detalle, ya que así podemos evaluar el beneficio a futuro que podemos lograr al implementar un sistema automatizado a diferencia de uno manual.

4.6.1 COSTOS DIRECTOS

TABLA IV - 5: Costos directos del proyecto

DETALLE	C. UNITARIO (USD)	CANT.	COSTO FINAL (USD)
MOTOR TRIFÁSICO 0.5 HP LA 7070-4YA60	132,00	1	132,00
VARIADOR SIEMENS SINAMICS G110	192,00	1	192,00
PANEL OPERADOR BÁSICO /SINAMICS G110	36,00	1	36,00
BASE SOPORTE SIMPLE ECX1029	2,50	1	2,50
CONTACTO ABIERTO 1 NO	3,00	1	3,00
SELECTOR 2 POSICIONES FIJO NEGRO	6,50	1	6,50
INTERRUPTOR DE POSICIÓN RODILLO	24,81	2	49,62
POTENCIOMETRO 10 VUELTAS 10K	36,00	1	36,00

PERILLA GIRATORIA C/ESCALA 0-999	36,00	1	36,00
CABLE CONCÉNTRICO 3 X 18 AWG 600V	0,97	5	4,85
ALAMBRE MULTIFILAR FLEX 12 CABLEC	0,58	4	2,35
CABLE #16	0,25	10	2,50
CABLE # 12	0,65	10	6,50
TERMINALES EN U	0,10	100	10,00
MULTÍMETRO DT 5806	25,00	1	25,00
CABLEADO # 8	1,21	20	24,11
MULTÍMETRO DIGITAL ESCOLAR	7,86	1	7,86
BREACK RIEL 2X25A LS	10,38	1	10,38
BREACK RIEL 2X16A LS	10,38	1	10,38
CONTACTOR GMC22 7,5 HP 5,5KW	24,46	1	24,46
CONTACTOR GMC12 3 HP 3,5KW	16,79	1	16,79
RELE TÉRMICO DIFGTK 22 DE 12 A	23,32	1	23,32
LUZ PILOTO 22MM VERDE 220V	2,01	6	12,06
PULSADOR ROJO CAMSCO/CNC	2,63	6	15,78
BORNERA PARA RIEL 4 MM #10 AWG	0,58	2	1,16
BORNERA PARA RIEL 2,5 MM #12-14	0,52	25	12,98
TAPA PARA BORNERA DE RIEL 4 MM	0,44	2	0,88
CANALETA DEXSON RANURADA	4,02	2	8,04
RIEL DIN	3,35	1	3,35
TERMINAL AISLADO OJO AMARILLO	0,18	20	3,60
BORNERA RIEL VERDE P/TIERRA	3,08	3	9,24
PORTA FUSIBLE RIEL SASSIN 10X38	1,74	2	3,48
FUSIBLE CÁPSULA 2 A CERÁMICA	0,09	2	1,72
MARCADOR LIBRETIN MIXTO	8,84	1	8,84
RELE ENCAPSULADO 220V CAMSCO	6,21	1	6,21
CABLE SÓLIDO # 12	1,65	3	4,96

BOTONERA VETO	7,95	1	7,95
GABINETE 60X40X20 LIVIANO	44,55	1	44,55
TOMA C SOBRE P OJO CHINO	7,58	1	7,58
ENCHUFE INTERMITNT 100W	6,69	1	6,69
TOMA C SOBREP POLARIZ COOPER	2,63	1	2,63
PONCHADORA MACHIN	26,60	1	26,60
EJE DE ACERO K 100	12,08	1 Kg	10,87
BARRA CUADRADA 3/4 X 18 E 15	7,74	1	7,74
PLATINA 1 1/4 X 14 E 15	3,80	1	3,80
PLATINAS 4 X 3/8	23,30	1	23,30
RULIMANES	9,50	16	9,50
ANGULO 1 X 3/16	1,31	1	1,31
ANGULO 1 X 3/16 E 2M	5,12	1	5,12
TOOL NEGRO 3/8 X 10,00MM	22,51	1	22,51
POLEA 2X1	2,32	1	2,32
ANGULO LAMINAR 50X50 6MM	48,59	1	48,59
GARRUCHA 2'	8,00	4	32,00
TUERCAS	0,50	1	0,50
ACERO	10,71	1	10,71
CHUMASERAS	10,50	2	21,00
DISCO DE CORTE	2,50	1	2,50
PERNOS 3/8 X 1	0,25	4	1,00
ACERO 1"	3,60	0,3	3,60
PERNO 3/4 X2	1,15	1	1,15
ELECTRODOS SOLDAURA AGA 6011 1/8 '	5,63	2,5 KG	14,08
DISCO DE CORTE DE METAL 7X116 SIEA	3,30	2	6,60
PERFIL IRN 100X 12	164,00	0,5	82,00
PINTURA SINTÉTICA S/N PASTEL/NARANJA	2,76	1	2,76

PINTURA SINTÉTICA S/N AZUL/VERDE	2,96	1	2,96
THINNER LACA ENV 0,946LT DISTHER ESTÁNDAR	1,45	1	1,45
ENVASE PLÁSTICO NUEVO 1 LT	0,30	1	0,30
BROCHA ROJA 2" LISA	1,41	2	2,82
LIJA DE AGUA	0,24	1	0,24
JUEGO EXAGONALES 1/16-1/4" 8PZ STANLEY	3,70	1	3,70
CORTE 2X 3/16	4,50	1	4,50
TORNO DE OPERACIÓN MANUAL	900	1	900
TOTAL			2079,35

Fuente: Autor

4.6.2 COSTOS INDIRECTOS

TABLA IV - 6: Costos indirectos del proyecto

DETALLE	VALOR UNITARIO (USD)	CANTIDAD	VALOR TOTAL (USD)
INTERNET	0,6	100	60,00
MATERIAL DE OFICINA	20	1	20,00
IMPRESIONES	0,1	500	50,00
MANO DE OBRA TÉCNICO MECÁNICO	4 c/hora	50	200,00
IMPREVISTOS	200	1,00	200,00
TOTAL			530,00

Fuente: Autor

4.6.3 COSTO TOTAL

TABLA IV - 7: Costo total del proyecto

DETALLE	VALOR TOTAL (USD)
COSTOS DIRECTOS	2079,35
COSTOS INDIRECTOS	530,00
TOTAL	2609,35

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

5.1 CONCLUSIONES

- Mediante la implementación de un mecanismo copiador en un torno de operación manual se logró automatizar parte del proceso del torneado en madera, lo cual es de vital utilidad dentro del sector artesanal porque facilita a los productores la fabricación de las artesanías.
- El sistema copiador permite replicar una figura las veces que se requiera siguiendo el perfil de una plantilla o patrón, esto garantiza uniformidad en todas las piezas evitando las imperfecciones que normalmente existían al realizar el trabajo en forma manual.
- El torno copiador posee un elemento para sujeción de las cuchillas, que evita el contacto directo del operador con la herramienta de corte, previniendo así posibles lesiones o cortaduras a las que estaban expuestos los artesanos durante la realización de este trabajo.
- Mediante la regulación de velocidad del motor (0 m/min a 7.2 m/min) que mueve al carro portaherramientas, se pudo obtener una disminución del tiempo de torneado de 6 [s] por cada pieza cilindrada, esto permite que en una hora de trabajo se puedan realizar tres piezas más que con un torno de operación manual
- Con la utilización de una botonera de control para el desbaste transversal se logró mejorar el modo de operación del torno copiador, ya que permite el desplazamiento del operario garantizando un mejor control durante la ejecución del torneado.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda usar el manual de operación y mantenimiento periódico, para un correcto funcionamiento de la máquina. El fabricante no se hace responsable en caso de que sea utilizada con otro fin.
- Una vez terminado el proceso de torneado, se recomienda verificar que se haya pulsado el botón de apagado del sistema, para que ningún mecanismo pueda ser accionado por error.
- Para una futura investigación se recomienda la automatización del avance transversal. Se puede mejorar el mecanismo copiador, sustituyendo la utilización de patrón físico por una memoria de datos que permitan automatizar el movimiento transversal de las cuchillas.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

(2007). Obtenido de sitio web de EINSA Equipamiento Electrónico Industrial S.A.:
<http://www.eeinsa.com/popsp/Gabinete%2060x40x20.htm#>

ABL Machine Tools. (2011). Obtenido de ABL Machine Tools:
<http://www.ablmachinetools.com>

Associated Spring Barnes Group, I. (2015). *Barnes Group Spain*. Obtenido de
<http://ms21.catalogds.com/cgs/output/30058975/E10001485000M.pdf>

Associated Spring de Barnes Group, I. (2015). *Barnes Group Spain*. Obtenido de
http://www.assocspring.co.uk/media_content/uk/SPEC-Cat.pdf

Budynas, R., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). Distrito Federal, México: McGraw-Hill.

Casillas, A. (1997). *Máquinas, cálculos de taller* (36 ed.). Madrid.

Chacón, L. (2004). *Tecnología mecánica I*. 256. Balderas, México: Limusa.

De maquinas y herramientas. (20 de 09 de 2011). Obtenido de
<http://www.demaquinasyherramientas.com>

Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas-herramienta* (Tercera ed.). Barcelona, España: Reverté.

Gibert, V., López, J., & Pascual, E. (2008). *Manual completo de la madera*. Barcelona: Parramon.

Groover, M. (2007). *Fundamentos de la manufactura moderna* (Tercera ed.). Mexico: Mc-Graw Hill.

Martín, J. C., & García, M. P. (2009). *Automatismos industriales*. Madrid, España: Editex.

Millán Gómez, S. (2012). *Fabricación por arranque de viruta*. Madrid: Paraninfo.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). Atlacomulco, México: Pearson Education.

Raffan, R. (2008). *Turning wood* (Tercera ed.). Newtown: The Tauton Press.

Roldán, J. (2007). *Automatismos y cuadros eléctricos*. Madrid, España: Paraninfo.

Rueda, P., & Jacobo, V. (2010). *Automatización de un torno de operación manual mediante un PLC Allen Bradley tipo micrologic para convertirlo en un torno de control numérico*. Quito.

Salido, P., & López, M. J. (2000). *Operario de Carpintería. Garantía Social*. Madrid, España: Paraninfo.

Santamaría, G., & Agustín, C. (2009). *Electroténia*. (Editex, Ed.) Madrid, España.

Saquina, C. (2011). Estudio de sistemas de torneado de madera para mejorar la calidad en la carpintería de mayorga de cantón Píllaro. 71. Ambato, Ecuador.

SIEMENS. (30 de Septiembre de 2008). *Siemens AG*. Obtenido de www.siemens.com

Silueña, X., & Amelia, N. (2000). *Tecnología Mecánica*. Barcelona, España: UPC.

Stokes, G. (1986). *Práctica del torneado de la madera* (Tercera ed.). Baelona, España: CEAC S.A.

Vignote, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera* (Tercera ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

ZMM-Bulgaria Holding Ltd. (s.f.). Obtenido de ZMM - Bulgaria Holding Ltd.: <http://www.zmmbulgaria.com/>

5.4 REFERENCIAS

(2007). Obtenido de sitio web de EINSA Equipamiento Electrónico Industrial S.A.:
<http://www.eeinsa.com/popsp/Gabinete%2060x40x20.htm#>

ABL Machine Tools. (2011). Obtenido de ABL Machine Tools:
<http://www.ablmachinetools.com>

Associated Spring Barnes Group, I. (2015). *Barnes Group Spain*. Obtenido de
<http://ms21.catalogds.com/cgs/output/30058975/E10001485000M.pdf>

Associated Spring de Barnes Group, I. (2015). *Barnes Group Spain*. Obtenido de
http://www.assocspring.co.uk/media_content/uk/SPEC-Cat.pdf

Budynas, R., & Keith, N. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (Octava ed.). Distrito Federal, México: McGraw-Hill.

Casillas, A. (1997). *Máquinas, cálculos de taller* (36 ed.). Madrid.

Chacón, L. (2004). *Tecnología mecánica I*. 256. Balderas, México: Limusa.

De maquinas y herramientas. (20 de 09 de 2011). Obtenido de
<http://www.demaquinasyherramientas.com>

Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas-herramienta* (Tercera ed.). Barcelona, España: Reverté.

Gibert, V., López, J., & Pascual, E. (2008). *Manual completo de la madera*. Barcelona: Parramon.

Groover, M. (2007). *Fundamentos de la manufactura moderna* (Tercera ed.). Mexico: Mc-Graw Hill.

Martín, J. C., & García, M. P. (2009). *Automatismos industriales*. Madrid, España: Editex.

Millán Gómez, S. (2012). *Fabricación por arranque de viruta*. Madrid: Paraninfo.

Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). Atlacomulco, México: Pearson Education.

Raffan, R. (2008). *Turning wood* (Tercera ed.). Newtown: The Tauton Press.

Roldán, J. (2007). *Automatismos y cuadros eléctricos*. Madrid, España: Paraninfo.

Rueda, P., & Jacobo, V. (2010). *Automatización de un torno de operación manual mediante un PLC Allen Bradley tipo micrologic para convertirlo en un torno de control numérico*. Quito.

Salido, P., & López, M. J. (2000). *Operario de Carpintería. Garantía Social*. Madrid, España: Paraninfo.

Santamaría, G., & Agustín, C. (2009). *Electroténia*. (Editex, Ed.) Madrid, España.

Saquina, C. (2011). Estudio de sistemas de torneado de madera para mejorar la calidad en la carpintería de mayorga de cantón Píllaro. 71. Ambato, Ecuador.

SIEMENS. (30 de Septiembre de 2008). *Siemens AG*. Obtenido de www.siemens.com

Silueña, X., & Amelia, N. (2000). *Tecnología Mecánica*. Barcelona, España: UPC.

Stokes, G. (1986). *Práctica del torneado de la madera* (Tercera ed.). Baelona, España: CEAC S.A.

Vignote, S., & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera* (Tercera ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.

ZMM-Bulgaria Holding Ltd. (s.f.). Obtenido de ZMM - Bulgaria Holding Ltd.: <http://www.zmmbulgaria.com/>

ANEXOS


ANEXO 1

DISEÑO MECÁNICO

ÁNGULOS DE LA CUCHILLA PARA TORNO

Cuchillas para tornos, mandrinadoras y acepilladoras

		DESIGNACION			
		α	Angulo libre o incidencia.		
		β	Angulo de tala o filo.		
		γ	Angulo de salida o ataque.		
		$\alpha + \beta$	Angulo de corte.		
AGRUPACION DEL MATERIAL A TRABAJAR		VALOR DE LOS ANGULOS			
		α	β	γ	$\alpha + \beta$
A ₁	Aluminio y metales ligeros.	8°	50°	32°	58°
	Cobre.	a	a	a	a
	Antifricción. Materiales prensados (plásticos).	10°	52°	28°	62°
A ₂	Aceros hasta 60 kgs. mm ² .	6°	55°	29°	61°
			a	a	a
A ₃	Aceros de 60 a 100 kgs. mm ² . Acero inoxidable. Fundición gris. Fundición semidura. Fundición maleable. Acero moldeado. Bronces blandos.		58°	26°	64°
		6°	65°	19°	71°
			a	a	a
			68°	16°	74°
A ₄	Fundición dura. Bronces duros. Acero duro 12 % manganeso.	5°	77°	8°	82°
			a	a	a
			85°	0°	90°


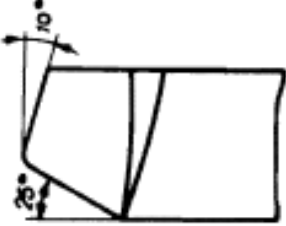
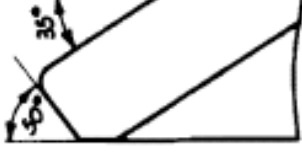


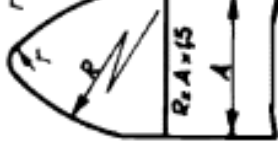
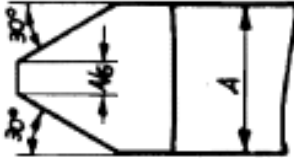
DIMENSIONES DE LAS CUCHILLAS							
TAMAÑO		I	II	III	IV	V	
	Lado del cuadrado	A	15	20	25	32	40
	Longitud normal.	L	100	175	225	250	300
	Longitud mínima por desgaste.	* C	50	100	130	140	175

OBSERVACIONES GENERALES

* La dimensión C es la mínima para retirarla del uso, y debe procederse a su estirado pasando al tamaño inmediato inferior de la serie.

Fuente: (Casillas, 1997)

FORMA DE LAS CUCHILLAS PARA TORNO

<h2 style="text-align: center;">CUCHILLAS PARA TORNOS Y ACEPILLADORAS</h2> <h3 style="text-align: center;">NOMENCLATURA Y ANGULOS LATERALES</h3>					
N.º	NOMBRE	N.º	NOMBRE	N.º	NOMBRE
1	Afinar y pequeña pasada	2	Desbaste a gran pasada	3	Desb. fuerte mano izq.
					
5	Desb. ligero mano izq.	6	Desb. ligero mano dcha.	7	Desbaste a dos manos
					
				8	Afinado de bronce
					

Fuente: (Casillas, 1997)

CATÁLOGO DIPAC PLATINAS

PERFILES LAMINADOS PLATINAS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00



CATÁLOGO DIPAC TUBO ESTRUCTURAL



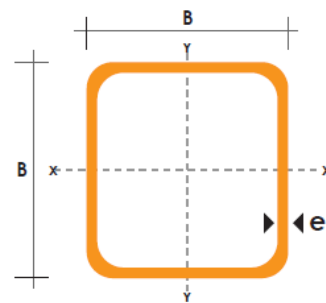
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



CATÁLOGO DE RESORTES SPEC



EXTENSION SPRINGS - MUSIC WIRE							
Part Number	Do (mm)	d (mm)	Lo (mm)	L ₁ (mm)	P (N)	T (N)	R (N/mm)
E1000-135-8000-M		3.43	203.20	325.63	373.54	33.63	2.78
E1000-135-9000-M			228.60	370.59			2.40
E1000-148-2500-M			63.50	75.69			35.51
E1000-148-2750-M			69.85	85.34			27.89
E1000-148-3000-M			76.20	96.27			21.70
E1000-148-3500-M			88.90	115.57			16.27
E1000-148-4000-M			101.60	136.14			12.59
E1000-148-4500-M	25.40		114.30	156.72			10.28
E1000-148-5000-M		3.76	127.00	177.29	478.47	43.06	8.69
E1000-148-5500-M			139.70	196.60			7.65
E1000-148-6000-M			152.40	217.17			6.74
E1000-148-6500-M			165.10	237.49			6.01
E1000-148-7000-M			177.80	258.06			5.43
E1000-148-8000-M			203.20	297.94			4.59
E1000-148-9000-M			228.60	339.09			3.94

Fuente: (Associated Spring Barnes Group, 2015)

CONSTANTES PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA DE TENSIÓN MÍNIMA DE ALAMBRES PARA RESORTES.

Tabla 10-4

Constantes A y m de $S_{ur} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes

Fuente: De *Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg ^m	Diámetro, mm	A, MPa · mm ^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite [†]	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro [‡]	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio [§]	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

Fuente: (Budynas & Keith, 2008)

ANEXO 2

ELEMENTOS DEL AUTOMATISMO

DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G110

SINAMICS G110

Datos técnicos

Tamaño constructivo	A		A con disipador plano	B	C
Potencia	0,12 ... 0,37 kW	0,55 ... 0,75 kW	0,12 ... 0,75 kW	1,1 ... 1,5 kW	2,2 ... 3 kW
Intensidad asignada de entrada (a 230 V)	2,3 ... 6,2 A	7,7 ... 10 A	2,3 ... 10 A	14,7 ... 19,7 A	27,2 ... 35,6 A
Intensidad asignada de salida (a 40 °C)	0,9 ... 2,3 A	3,2 ... 3,9 A	0,9 ... 3,9 A	6 ... 7,8 A	11 ... 13,6 A
Datos mecánicos					
Grado de protección	IP20				
Temperatura de servicio	-10 ... +40 °C, hasta +50 °C con derating				
Ancho × Alto × Profundidad (mm)	90 × 150 × 116	90 × 150 × 131	90 × 150 × 101	140 × 160 × 142	184 × 181 × 152
Datos eléctricos					
Tensión de red	1 AC 200 ... 240 V ±10 %				
Frecuencia de red	47 ... 63 Hz				
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 × corriente asignada a la salida (es decir, 150 % sobrecarga) durante 60 s, a continuación 0,85 × corriente asignada de salida durante 240 s, tiempo de ciclo 300 s				
Frecuencia de salida	0 ... 650 Hz				
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar), 2 ... 16 kHz (en escalones de 2 kHz)				
Rango de frecuencias inhbibles	1, parametrizable				
Rendimiento del convertidor	En equipos < 0,75 kW: 90 ... 94 %, en equipos ≥ 0,75 kW: 95 %				
Filtro CEM	Variante con filtro CEM integrado de clase A/B				
Entradas digitales	Hasta 4				
Salidas digitales	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, óhm., tipo NPN)				
Entrada analógica	Variante con una entrada analógica (también utilizable como entrada digital)				
Interfases de comunicación	Variante con Interfaz serie RS485 para funcionar con protocolo USS				
Funciones					
Métodos de control/regulación	<ul style="list-style-type: none"> • Característica U/f lineal (con elevación de tensión parametrizable) • Característica U/f cuadrática • Característica multipunto (característica U/f parametrizable) 				
Funciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> • Modo manual a impulsos • Rearranque automático tras un paro provocado por un corte de red • Conexión suave del convertidor al motor girando (rearranque al vuelo) 				
Frecuencias fijas	3, parametrizables				
Funciones de freno	Frenado por inyección de corriente continua, frenado combinado				
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica de motor I^2t , sobretemperatura en convertidor, sobretemperatura en motor				
Motores aptos para conectar	Motores asincrónicos de baja tensión				
Longitud máx. del cable al motor	25 m (apantallado), 50 m (no apantallado)				
Normas					
Conformidad con normas	UL, cUL, CE, c-tick,				
Marcado CE	Según Directiva de baja tensión 73/23/CEE				
Accesorios					
	Basic Operator Panel, juego de conexión PC-convertidor, adaptador para el montaje en perfil DIN, bobina de red				

Fuente: (SIEMENS, 2008)

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Datos técnicos

1 AC 200 - 240 V ± 10 %, 47 - 63 Hz

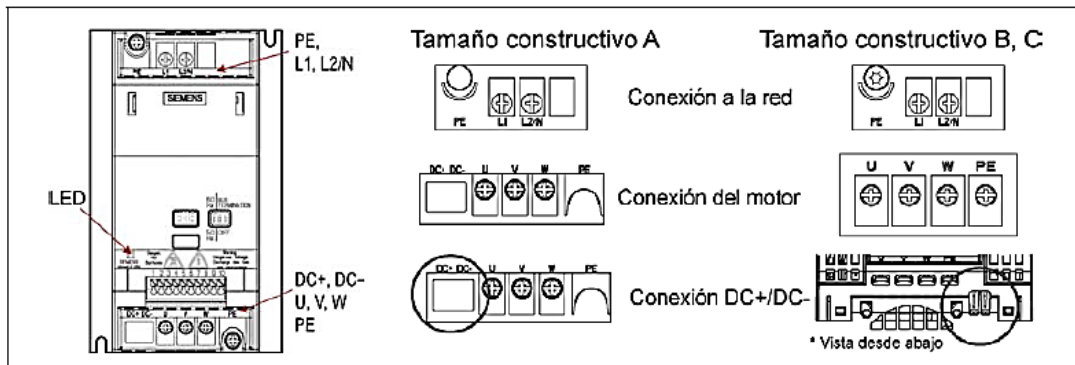
Referencia 6SL3211-	0AB 0KB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	21-1xy0*	21-5xy0*	22-2xy0*	23-0xy0*
		11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	-	-	-	-
Tamaño constructivo		A				B		C		
Potencia nominal	kW hp	0,12 0,16	0,25 0,33	0,37 0,5	0,55 0,75	0,75 1,0	1,1 1,5	1,5 2,0	2,2 3,0	3,0 4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A	0,9 (50 °C)	1,7 (50 °C)	2,3 (50 °C)	3,2 (50 °C)	3,9 (40 °C)	6,0 (50 °C)	7,8 (40 °C)	11,0 (50 °C)	13,6 (40 °C)
Corriente de entrada (230 V)	A	2,3	4,5	6,2	7,7	10,0	14,7	19,7	27,2	32,0
Fusible recomendado	A 3NA	10 3803	10 3803	10 3803	10 3803	16 3805	20 3807	25 3810	35 3814	50 3820
Cable de entrada	mm ² AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 2,5 14 - 12	2,5 - 6,0 12 - 10	2,5 - 6,0 12 - 10	4,0 - 10 11 - 8	6,0 - 10 10 - 8
Cable de salida	mm ² AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 6,0 14 - 10	1,5 - 6,0 14 - 10	2,5 - 10 12 - 8	2,5 - 10 12 - 8
Par de apriete	Nm (lbf.in)	0,96 (8,50)					1,50 (13,30)		2,25 (19,91)	

*→La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware

x = B → Con filtro integrado
x = U → Sin filtro


y = A → Variante analógica
y = B → Variante USS

Conexiones de red y del motor



Bornes

Borne	Significado	Funciones
1	DOUT-	Salida digital (-)
2	DOUT+	Salida digital (+)
3	DIN0	Entrada digital 0
4	DIN1	Entrada digital 1
5	DIN2	Entrada digital 2
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA
7	-	Salida 0 V
Variante		Analógica USS
8	-	Salida +10 V RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica RS485 N-
10	-	Salida 0 V



GABINETE MODULAR

GABINETES MODULARES PARA MONTAJE EN PARED IP-64 SERVICIO PESADO

ESTRUCTURA. Cuerpo monobloque con bordes unidos completamente con solda MIG que asegura la hermeticidad. Puerta reversible (apertura izquierda o derecha) con empaque de poliuretano expandido, cerradura de poliamida de montaje rápido tipo universal con tapa cubre polvo, bisagras reforzadas de acero. Incluye placa de montaje para equipos, regulable en profundidad y juego de soportes de acero para montar el gabinete en pared.

PINTURA ELECTROSTÁTICA EN POLVO POLIÉSTER EN COLORES ESTANDAR:

- Cuerpo y puerta, texturizado color RAL 7032
- Placa de montaje, texturizado color RAL 2003

GRADO DE PROTECCIÓN. IP-65

NORMAS DE FABRICACIÓN.

EN - 60529(IP), IEC -529 / INEN 2568



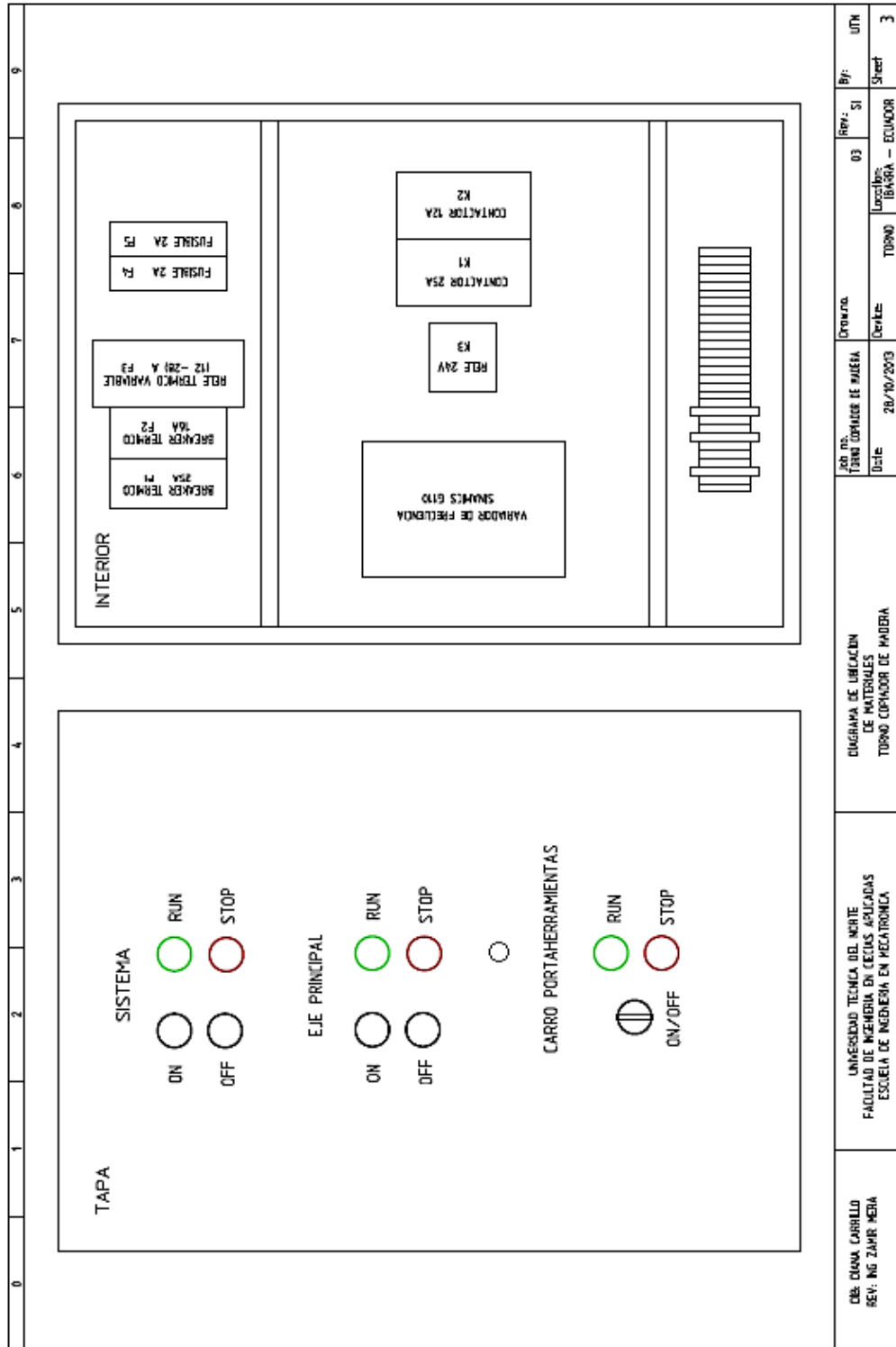
PARA SERVICIO PESADO CON PUERTA CIEGA

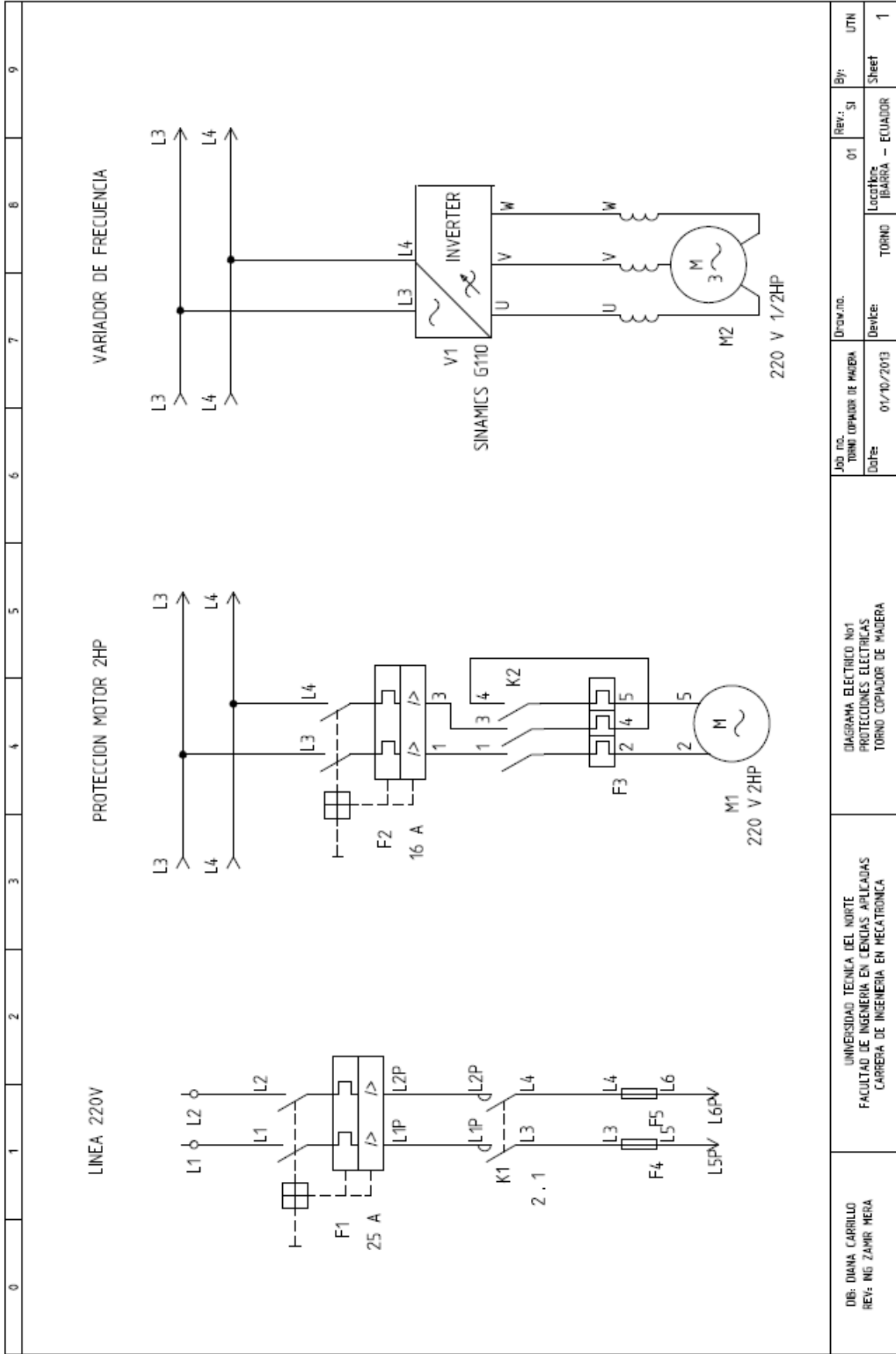
CÓDIGO	REFERENCIA	MEDIDAS EXTERNAS			Peso Kg
		ALTO A mm.	ANCHO B mm.	FONDO C mm.	
I-0311	GSP-202015/C	200	200	150	4.0
I-0312	GSP-302015/C	300	200	150	4.9
I-0313	GSP-303020/C	300	300	200	6.8
I-0314	GSP-403020/C	400	300	200	8.9
I-0315	GSP-304020/C	300	400	200	8.9
I-0316	GSP-404020/C	400	400	200	10.3
I-0317	GSP-604020/C	600	400	200	13.4
I-0318	GSP-406020/C	400	600	200	13.4
I-0319	GSP-606020/C	600	600	200	18.5
I-0319-1	GSP-605020/C	600	500	200	18.3
I-0320	GSP-806025/C	800	600	250	24.5
I-0320-1	GSP-806030/C	800	600	300	24.8
I-0320-2	GSP-806040/C	800	600	400	27
I-0321	GSP-1006030/C	1000	600	300	29.3
I-0321-1	GSP-1006040/C	1000	600	400	31.3

ANEXO 3

PLANOS ELÉCTRICOS Y DE CONTROL

DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TABLERO DE CONTROL





ANEXO 4

MANUAL DE OPERACIÓN

ADVERTENCIAS

1. Lea y comprenda por completo el manual de instrucciones antes de intentar montar o utilizar esta máquina.
2. Este torno está diseñado y concebido solamente para su uso por personal familiarizado con la utilización correcta y segura del torno, no lo utilice hasta que el conocimiento y entrenamiento necesario haya sido obtenido.
3. Utilice siempre gafas/careta de seguridad mientras utilice esta máquina.
4. Antes de utilizar la máquina, retire corbata, anillos, relojes, otras joyas, y remangue las mangas de camisa hasta los codos. Retire cualquier prenda floja y recoja la melena.
5. Mantenga la superficie que rodea a la máquina limpia y libre de escombros, virutas, aceite y grasa.
6. Mantenga las protecciones de la máquina en su sitio siempre y cuando la máquina esté en uso. Si son retiradas para mantenimiento, preste una atención extrema y reemplace las protecciones inmediatamente.
7. Mantenga una posición estable en todo momento de forma que no caiga o se apoye contra aspas u otras partes móviles.
8. Realice todas las operaciones de ajuste o mantenimiento de la máquina desenchufada de la fuente de alimentación.
9. Utilice la herramienta correcta. No fuerce una herramienta o accesorio para hacer un trabajo para el que no estaba diseñado.
10. Asegúrese de que el interruptor general está en la posición OFF antes de conectar la máquina a la alimentación eléctrica.
11. Mantenga a los visitantes alejados a una distancia segura del área de trabajo.

12. Utilice los accesorios recomendados. Los accesorios inapropiados pueden causar riesgos.
13. Habitúese a comprobar que las llaves y herramientas de ajuste se han retirado antes de trabajar con la máquina.
14. No intente nunca ninguna operación o ajuste si no comprende el procedimiento.
15. Mantenga los dedos alejados de las piezas giratorias y de las herramientas de corte mientras realiza una operación.
16. No intente ajustar o retirar herramientas durante la operación.
17. Mantenga siempre las herramientas correctamente afiladas.
18. Utilice siempre piezas idénticas de sustitución cuando haga reparaciones.
19. No utilice nunca la máquina bajo la influencia del alcohol o las drogas.
20. El no cumplimiento de estas advertencias puede causar lesiones severas.

Es importante nombrar que previo a la utilización directa del torno la preparación de la madera es anteriormente realizada.

PASOS PREVIOS ANTES DE ENCENDIDO DE LA MAQUINA.

☞ Se trazan líneas diagonales por los extremos del bloque de madera y con un punzón se marca la intersección de las diagonales, a este procedimiento se lo denomina de señalización.



☞ Colocación de la pieza en el torno.- se golpea la pieza con un martillo para clavarla en la pieza motriz del torno, seguidamente se desliza la contrapunta a lo largo de la bancada y se la introduce en la marca del otro extremo de la madera, finalmente se ajusta sin exceder la presión para que el bloque de madera tenga una correcta movilidad rotatoria.



☞ Se procede a la ubicación de la plantilla que va a servir de guía para el modelado de nuestra pieza, se ajusta la misma hasta que quede totalmente fija.

PASOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO DEL TORNO

a. Todas las operaciones que realiza el torno son accionadas desde el tablero de control



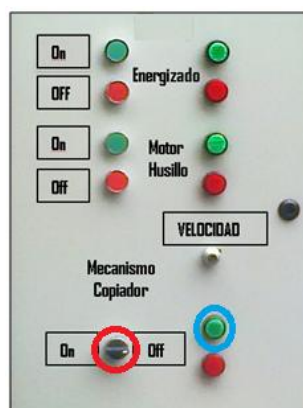
b. Una vez completas las instrucciones previas se procede a energizar el sistema presionando una sola vez el botón de color verde, para verificación de que el sistema ya se encuentra energizado se puede visualizar el foco del mismo color del botón en un estado de encendido.



c. A continuación procedemos a encender el motor principal del torno, pulsamos una sola vez el botón verde ubicado a continuación en dirección del botón de energizado, de igual manera se debe encender el foco del mismo color como indicador de que el motor arranco y está funcionando.



d. Inmediatamente debemos encender el motor secundario el cual activa el tornillo sin fin generando el movimiento de vaivén del carro porta herramientas. Para encender el motor mencionado debemos girar 45° a la derecha el interruptor de color negro, a la vez se encenderá el foco de verificación.



e. Después de finalizar el paso 1, 2, 3 ya nuestro sistema se encuentra operando, por lo cual debemos regular la velocidad del motor secundario debido a que para la primera fase de trabajo requiere una velocidad media. Esto podemos realizar mediante el giro en vueltas de nuestro potenciómetro de potencia presente en el tablero.



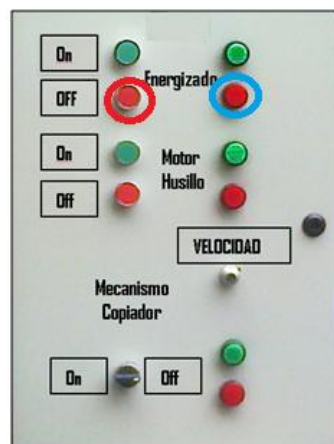
f. Hay que tener en cuenta que cuando se enciende alguno de los focos rojos existentes en el panel de control significa que hubo alguna falla interna del sistema por lo cual se debe proceder a un paro inmediato del mismo para una posterior verificación.



g. Si no existiese ningún inconveniente una vez finalizado el torneado de la pieza se procede a apagar el motor secundario, o sea el carro portaherramientas, acto seguido apagar el motor principal y esperar a que los equipos no produzcan movimiento alguno para el desmontaje de la pieza terminada.



h. Si se desea continuar con la reproducción repetiremos lo pasos previos y a continuación los pasos 2, 3, 4, 5 y 6, caso contrario desenergizamos por completo el sistema.



ANEXO 5

MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO

Es de mucha importancia realizar un mantenimiento periódico y adecuado en general de todos nuestros equipos, así lograremos alargar la esperanza de vida de nuestro sistema y un correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

A continuación detallaremos un mantenimiento general.

TABLERO DE CONTROL

No hace falta realizar un examen minucioso del mismo, sino más bien después de cada jornada laboral realizar una inspección general de visualización de elementos, será vital hacer una verificación completa al obtener un señal de error o directamente un funcionamiento poco adecuado de algún implemento mecánico.

INSPECCIÓN GENERAL

- Energice el sistema
- Realice pruebas de operación mecánica de los interruptores de accionamiento de los motores.
- Verifique el funcionamiento de los finales de carrera
- Compruebe el funcionamiento del paro de emergencia

MOTOR

Mantenimiento periódico.

- Inspeccione el motor en intervalos de tiempo regulares.
- Elimine depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor.

- Controle las condiciones de las conexiones eléctricas y mecánicas y de los pernos de fijación.
- Controle las condiciones de los rodamientos prestando atención a ruidos anómalos o vibraciones.
- Si fuera necesario desmontar el motor y acceder a sus partes internas, se requiere la intervención de personal calificado utilizando herramientas y métodos de trabajo adecuados

MANTENIMIENTO MECÁNICO

El mantenimiento preventivo de la máquina es de gran importancia porque nos permite evitar paros imprevistos al encontrar y reparar aspectos que producen daños cuando apenas empiezan.

Para el correcto funcionamiento mecánico se debe tomar en cuenta algunas recomendaciones una vez que se apague la máquina:

- Limpiar diariamente con aire comprimido toda la máquina para limpiar la acumulación de residuos.
- Usar WD-40 para limpiar el tornillo de tensión del resorte
- Verificar que los resortes se encuentren en buen estado, si nota que el resorte está extendido debe reemplazarlo por uno nuevo
- Revisar que la estructura de la máquina se encuentre en buen estado, si nota corrosión debe lijar la arte afectada para posteriormente aplicar pintura anticorrosiva.
- Verificar que todos los elementos que están sometidos a fricción se encuentren bien engrasados.

Programa de mantenimiento preventivo

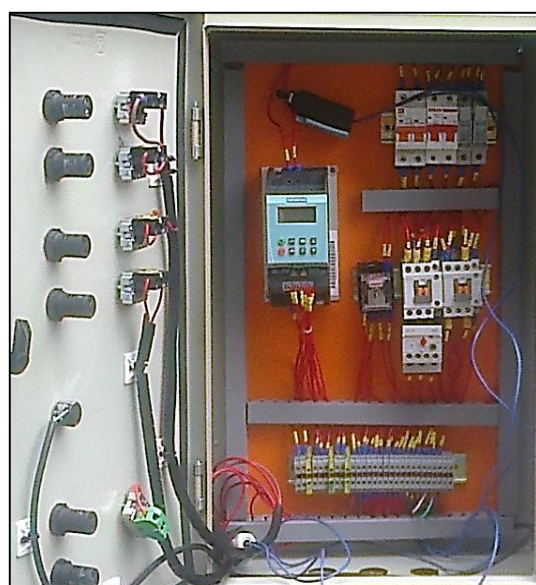
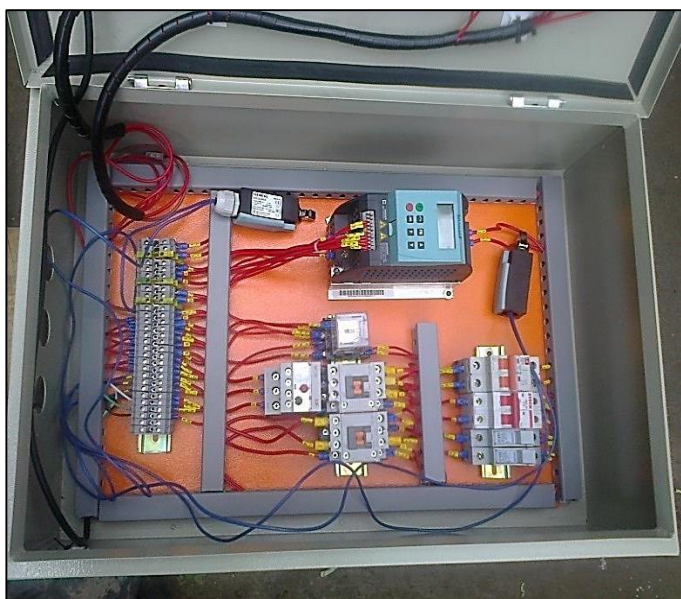
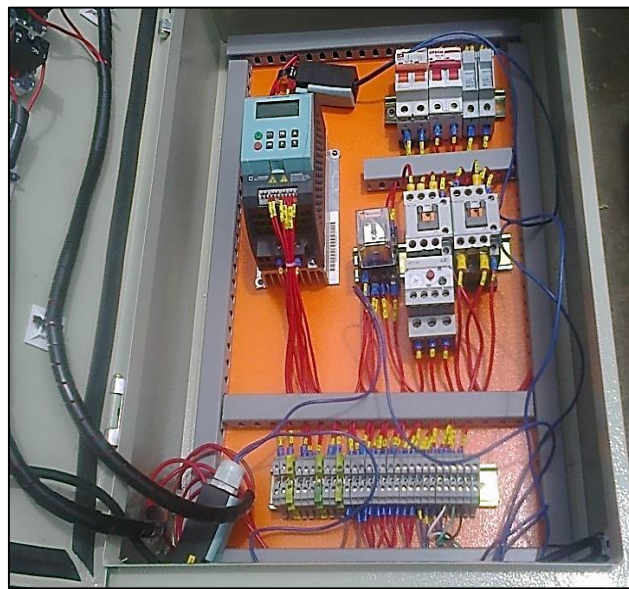
Para que la máquina se conserve en buen estado y funcione correctamente, se debe realizar un mantenimiento preventivo cada cierto periodo de tiempo como se muestra en la siguiente tabla:

SISTEMA PERIODO	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL
Revisión de la sujeción de las cuchillas	x			
Revisión del apriete de los pernos que sujetan al patrón	x			
Revisión del estado de la estructura	x			
Limpieza del sistema copiador	x			
Lubricación de las ruedas del carro portaherramientas	x			
Revisión del estado del resorte		x		
Revisión del buen estado y lubricación del tornillo de potencia		x		
Revisión del estado de las poleas			x	
Revisión del estado de las bandas			x	
Revisión del estado del cableado eléctrico y sus conexiones				x
Lubricación de los rodamientos				x
Revisión de los motores				x

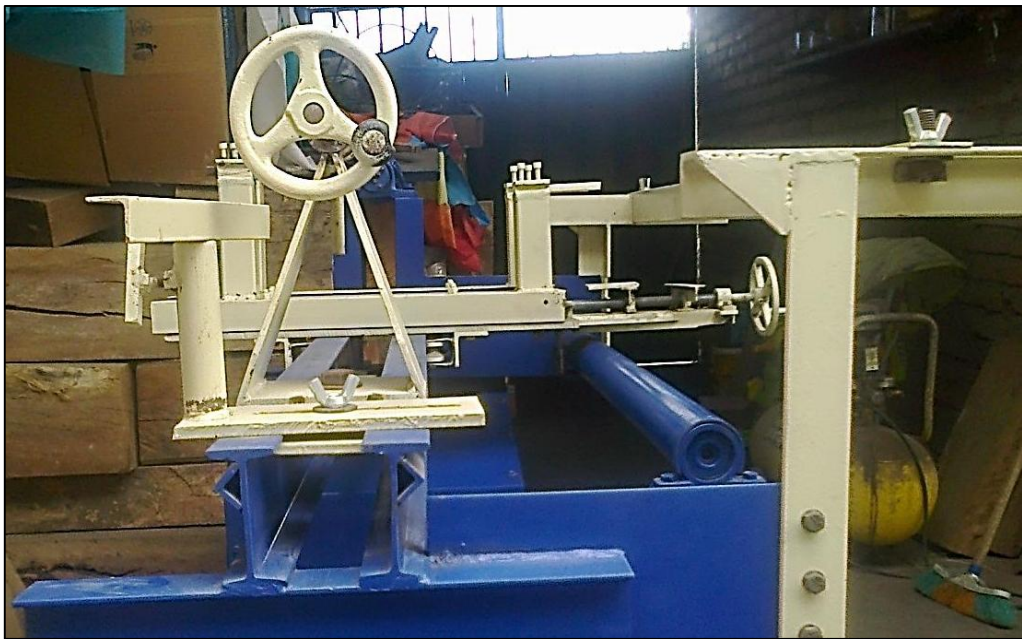
ANEXO 6

FOTOS DEL PROYECTO

TABLERO DE CONTROL



ESTRUCTURA MECÁNICA





ANEXO 7

PLANOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA