

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA RECTIFICADORA DE CUCHILLAS DE 800 mm DE LONGITUD PARA LA EMPRESA CONFITECA C.A.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

LUIS DAVID CLAUDIO GUERRERO

ldavidclaudio@hotmail.com

DARÍO JAVIER SEGARRA MUZO

darius_titan77@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME RAÚL VARGAS, MSc.

jaime.vargas@epn.edu.ec

Quito, Julio 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Luis David Claudio Guerrero y Darío Javier Segarra Muzo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Luis David Claudio Guerrero

Darío Javier Segarra Muzo

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Luis David Claudio Guerrero y Darío Javier Segarra Muzo, bajo nuestra supervisión.

Ing. Jaime Raúl Vargas
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Jorge Escobar
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mi ser supremo Dios que me brindó la vida para hacer posible todo lo que soy.

A mis padres Silvana y Gonzalo por brindarme su afecto, amor y el apoyo emocional y económico durante mi vida estudiantil, por ser ejemplares y dignos de todo mi éxito, por darme las suficientes fuerzas para guiarme por el camino de la verdad y darme aliento en las dificultades.

A mi madre Silvana por su amor, cariño y apoyo incondicional que siempre me brinda.

A mi esposa Mayra y a mi hijo Sebastián por su amor y por estar siempre juntos

A mis hermanos Gabriela, Patricio, Lenin, Duban por mantenernos siempre unidos ante las adversidades. Los amo.

A mis profesores por dar esa esencial tarea la de la enseñanza, por guiarme por un camino de responsabilidad y verdad.

Al los Ingenieros Jaime Vargas y Jorge Escobar, por la orientación y consejos enfocados en el presente proyecto.

Luis Claudio

A Dios por su infinita bondad hacia mi y a mis seres queridos, por permitir que cada día pueda ver el amanecer de un nuevo día.

A mí querida madre por su esfuerzo, sacrificio y su amor incondicional que siempre me ha brindado.

A mis hermanos Wilfrido, María José y Julio César que han sido una motivación en el transcurso de mi vida.

A mi esposa Carla y mi querido hijo Jhulian por su amor y el total apoyo brindado en el transcurso de estos años.

A mi compañero de tesis Luis David por su amistad y su gran aporte en todo este proyecto y en general a todos las personas con las cuales he tenido el gusto de compartir en mi vida y de las cuales he aprendido grandes lecciones.

Darío Segarra

DEDICATORIA

A mi padre por los principios, esfuerzos y su amor a lo largo de mi vida.

A mi madre por su infinito apoyo, comprensión, paciencia y amor.

A la memoria de mi hermano Patricio. Con amor para ti.

Luis Claudio

A la mujer que con su lucha constante, su sacrificio, su amistad y más que todo su inmenso amor, me ha inspirado para lograr todo aquello que me he propuesto en la vida: Mi querida madre.

Darío Segarra

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
TABLA DE ANEXOS	xix
RESUMEN	xx
PRESENTACIÓN	xxii
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL RECTIFICADO.....	1
1.3 TIPOS DE RECTIFICADORAS.....	3
1.3.1 LAS RECTIFICADORAS PLANEADORAS O TANGENCIALES:.....	3
1.3.2 LA RECTIFICADORA SIN CENTROS.....	3
1.3.3 LAS RECTIFICADORAS UNIVERSALES.....	4
1.3.4 RECTIFICADORAS CNC	5
1.4 AFILADO DE CUCHILLAS.....	6
1.5 PARÁMETROS DE CORTE EN EL AFILADO	7
1.5.1 VELOCIDAD PERIFÉRICA (VELOCIDAD DE CORTE).....	10
1.5.2 VELOCIDAD DE AVANCE	11
1.5.3 PROFUNDIDAD DE PASADA	13
1.6 ESTUDIO DE LAS MUELAS.....	13
1.6.1 GENERALIDADES	13
1.6.2 TIPO DE ABRASIVO	14
1.6.3 TAMAÑO DEL GRANO	15
1.6.4 DUREZA DEL CUERPO ABRASIVO.....	16
1.6.5 EL AGLOMERANTE O AGLUTINANTE	17

1.6.5.1	Aglomerantes Cerámicos	17
1.6.5.2	Aglomerante de resina sintética (baquelita).....	18
1.6.5.3	Aglomerante galvánico.....	18
1.7	FORMA Y DIMENSIONES DE LAS MUELAS	20
1.8	FUERZAS DE CORTE AL AFILAR	21
1.9	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL RECTIFICADO.....	24
1.9.1	GRIETAS Y TENSIONES DE RECTIFICADO	25
1.10	PROBLEMAS EN EL RECTIFICADO.....	27
CAPÍTULO 2		28
REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO		28
2.1	GENERALIDADES.....	28
2.2	SUJECIÓN DE LAS CUCHILLAS	28
2.2.1	SUJECIÓN POR CAMPO MAGNÉTICO	28
2.2.2	FIJACIÓN POR MORDAZAS	29
2.2.3	FIJACIÓN POR VACÍO	30
2.3	MOVIMIENTOS DE DESPLAZAMIENTO	31
2.3.1	DESPLAZAMIENTO REALIZADO POR LA MUELA.....	31
2.3.2	DESPLAZAMIENTO REALIZADO POR LA HERRAMIENTA.....	32
2.4	REFRIGERACIÓN DURANTE EL RECTIFICADO	32
2.4.1	SOLUCIONES ACUOSAS.....	32
2.4.2	EMULSIONES.....	33
2.4.3	ACEITES DE CORTE.....	33
2.5	CONTROL DEL PROCESO DE RECTIFICADO	33
2.5.1	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO....	34
2.5.2	AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA.....	34
2.6	CONTACTORES Y RELÉS AUXILIARES	35
2.6.1	SIMBOLOGÍA Y REFERENCIADO.....	36
2.6.2	CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.....	36
2.6.2.1	Electroimán	36
2.6.2.2	Polos del contactor.....	37
2.6.2.3	Contactos auxiliares	37

2.6.3	CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR.....	37
2.6.4	CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.....	38
2.7	VARIADOR DE VELOCIDAD.....	39
2.7.1	SELECCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD	40
CAPÍTULO 3		42
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		42
3.1	CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES	42
3.2	LA CASA DE LA CALIDAD	42
3.2.1	VOZ DEL USUARIO	43
3.2.2	VOZ DEL INGENIERO	43
3.2.3	RESULTADOS	44
3.2.4	CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD.....	44
3.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	46
3.4	DEFINICIÓN Y DISEÑO CONCEPTUAL	47
3.4.1	DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS FUNCIONAL.....	47
3.4.2	DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES.....	48
3.4.3	ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES	48
3.4.4	DEFINICIÓN DE MÓDULOS	49
3.4.4.1	División modular del primer conjunto.....	50
3.4.4.2	División modular del segundo conjunto	51
3.5	SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO.....	52
3.5.1	MÓDULO 1 FIJAR LA CUCHILLA	52
3.5.1.1	Fijar la Herramienta.....	52
3.5.1.1.1	Fijación por campo magnético.....	53
3.5.1.1.2	Fijación por mordazas	54
3.5.1.1.3	Fijación por vacío	55
3.5.1.2	Alternativas de módulos 1.	56
3.5.1.3	Evaluación y selección de los módulos.	57
3.5.1.3.1	Costo.	57
3.5.1.3.2	Fiabilidad.....	57

3.5.1.3.3	Mantenimiento.....	57
3.5.1.3.4	Montaje	57
3.5.2	MÓDULO 2 AVANCE DE CORTE	60
3.5.2.1	Avance de corte lo realiza la muela.....	60
3.5.2.2	Avance de corte que realiza la herramienta.	61
3.5.2.3	Efectuar ángulo de afilado.....	63
3.5.2.3.1	Rotación de la muela.....	63
3.5.2.3.2	Rotación de la herramienta.	63
3.5.2.4	Refrigerar muela-herramienta.	64
3.5.2.5	Alternativas de módulos 2.	64
3.5.2.6	Evaluación y selección de los módulos.	65
3.5.2.6.1	Facilidad de construcción y montaje.....	65
3.5.2.6.2	Facilidad de Operación.	65
3.5.2.6.3	Capacidad de Operación.....	66
3.5.2.6.4	Mantenimiento.....	66
3.5.2.6.5	Alta Fiabilidad.	66
3.5.2.6.6	Costo.	66
3.5.2.6.7	Calificación del Módulo 2.	66
3.5.3	SELECCIÓN DEL PRINCIPIO DE ACCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	69
3.5.3.1	Accionamiento de la muela.	70
3.5.3.2	Accionamiento de la mesa, del portamuela y de los fijadores.	70
3.5.3.2.1	Accionamiento mecánico.	71
3.5.3.2.2	Accionamiento hidráulico.	71
3.5.3.2.3	Accionamiento neumático.	72
3.6	PROTOCOLO DE PRUEBAS	74
3.6.1	DATOS DE LA EMPRESA.....	75
3.6.2	VERIFICACIÓN DE MEDIDAS GENERALES.....	75

3.6.3	VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA	75
3.6.4	VERIFICACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS Y SOLDADAS	75
3.6.5	FUNCIONAMIENTO.....	75
3.6.6	VERIFICACIÓN ACABADO SUPERFICIAL DEL AFILADO.....	75
3.6.7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LAS PRUEBAS.....	76
CAPÍTULO 4	78
DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO Y DE CONTROL DE LA MÁQUINA.....	78
4.1	INTRODUCCIÓN	78
4.1.1	CONDICIONES DE CONTORNO.....	78
4.2	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.....	78
4.3	AVANCE POR SECCIÓN	81
4.4	RECTIFICADO FRONTAL	81
4.5	POTENCIA.....	82
4.6	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORTE	83
4.7	FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE KS.....	84
4.8	POTENCIA DE ACCIONAMIENTO.....	85
4.9	DISEÑO DEL SISTEMA PORTA-HERRAMIENTAS	86
4.10	DISEÑO DE LA MESA	86
4.10.1	DISEÑO ESTÁTICO.....	87
4.10.2	COJINETES PARA LA MESA	92
4.11	DISEÑO DE LAS PLACAS.....	92
4.12	DISEÑO DE PUENTE (PLACA HORIZONTAL)	96
4.13	DISEÑO DEL EJE ENTRE COJINETE DE RODAMIENTO Y PLACA LATERAL	98
4.14	DISEÑO DEL TORNILLO DE POTENCIA Y COLA DE MILANO	101
4.14.1	DATOS INICIALES	102
4.14.2	CÁLCULO DEL TORQUE PARA SUBIR LA HERRAMIENTA DE CORTE (MUELA ABRASIVA).....	102
4.14.3	CÁLCULO DEL TORQUE PARA BAJAR LA HERRAMIENTA DE CORTE (MUELA ABRASIVA).....	104
4.14.4	CÁLCULO DE AUTOSEGURO	104
4.15	DISEÑO ESTÁTICO	105
4.15.1	DISEÑO A ESFUERZOS DE CORTE DEL TORNILLO	107

4.15.2	DISEÑO A COMPRESIÓN DEL TORNILLO	108
4.16	DISEÑO DE LA TUERCA	109
4.16.1	DATOS INICIALES	109
4.17	DISEÑO ESTÁTICO	110
4.17.1	DISEÑO A CORTE	110
4.17.2	DISEÑO A COMPRESIÓN	111
4.18	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	112
4.18.1	DATOS INICIALES	112
4.18.2	INERCIA ROTACIONAL	113
4.18.3	ACELERACIÓN ANGULAR.....	113
4.18.3.1	Aceleración angular de arranque.....	114
4.18.3.2	Aceleración angular de operación	114
4.18.4	TORQUE DE GIRO	114
4.18.4.1	Torque de arranque.....	115
4.18.4.2	Torque de operación	115
4.18.5	POTENCIA DE SALIDA.....	115
4.18.6	TORQUE DE ENTRADA	116
4.18.7	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN.....	116
4.18.8	POTENCIA DE DISEÑO	117
4.19	MECANISMO DE CORONA Y TORNILLO SINFÍN.....	118
4.19.1	DIÁMETRO MEDIO DE LA CORONA	118
4.19.2	PASO DIAMETRAL TRANSVERSAL	119
4.19.3	PASO CIRCULAR TRANSVERSAL.....	119
4.19.4	GEOMETRÍA DE ACOPLAMIENTO CORONA – SINFÍN	120
4.19.4.1	Cabeza.....	120
4.19.4.2	Raíz	120
4.19.4.3	Diámetro exterior de la corona	120
4.19.5	DIÁMETRO DE PASO DEL SINFÍN.....	121
4.19.6	AVANCE Y ÁNGULO DEL SINFÍN	122
4.19.6.1	Avance del sinfín	122
4.19.6.2	Ángulo de avance del sinfín	122

4.19.7	VELOCIDAD LINEAL DE PASO DE LA CORONA	123
4.19.8	VELOCIDAD LINEAL DE PASO DEL SINFÍN.....	123
4.19.9	VELOCIDAD DE DESLIZAMIENTO.....	123
4.19.10	RELACIÓN DE VELOCIDADES	124
4.19.11	VELOCIDAD TANGENCIAL EN LA CORONA.....	124
4.19.11.1	Factor de materiales.....	124
4.19.11.2	Factor de corrección de relación.....	125
4.19.11.3	Factor de velocidad	125
4.19.11.4	Coefficiente de fricción	126
4.19.11.5	Eficiencia mecánica.....	126
4.19.12	ANCHO DE CARA EN LA CORONA.....	127
4.19.12.1	Ancho de cara requerido en la corona	127
4.19.12.2	Ancho de cara real en la corona	128
4.19.13	FACTORES DE SEGURIDAD EN LA CORONA.....	128
4.19.13.1	Factor de seguridad estático.....	128
4.19.13.2	Factor de seguridad dinámico.....	129
4.19.13.3	Durabilidad de la superficie	130
4.19.14	EJE DEL TORNILLO SIN FIN.....	134
4.19.14.1	Reacciones en el plano X-Y	136
4.19.14.2	Reacciones del plano X-Z	137
4.19.14.3	Diámetro del eje del gusano o tornillo sin fin	139
4.19.15	ESTRUCTURA SOPORTE (BASTIDOR DE RECTIFICADORA)....	141
4.19.16	DISEÑO DE LA VIGA DE ESTRUCTURA	144
4.19.17	DISEÑO DE LA COLUMNA.....	147
4.19.18	DISEÑO DE LA COLUMNA POR RIGIDEZ.....	153
4.20	SELECCIÓN DE LA BOMBA DE REFRIGERACIÓN	156
4.21	DISEÑO DEL CONTROL	158
CAPÍTULO 5		159
CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.....		159
5.1	INTRODUCCIÓN	159

5.2	REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	159
5.3	RECURSO HUMANO PARA LA FABRICACIÓN DEL PROYECTO.....	160
5.4	ÁREA DE MECANIZADO.....	160
5.5	ÁREA DE AJUSTE.....	161
5.6	HOJA DE PROCESOS	162
5.7	FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	162
5.8	MONTAJE DEL PROTOTIPO	163
5.9	PRUEBAS DE CAMPO	164
5.10	ANÁLISIS DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	166
	CAPÍTULO 6	167
	ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO	167
6.1	INTRODUCCIÓN	167
6.2	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	167
6.2.1	COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	167
6.2.2	OPERACIONES DE MAQUINADO.....	170
6.2.3	ELEMENTOS MECÁNICOS NORMALIZADOS.....	173
6.3	COSTO DE ESTRUCTURA DE MÁQUINA AFILADORA.....	175
6.4	COSTO DEL SISTEMA CONTROL ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA AFILADORA.....	175
6.5	COSTO DE SISTEMA REFRIGERACIÓN	176
6.6	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	177
6.7	RENTABILIDAD DEL PROYECTO	177
6.7.1	RENTABILIDAD DE LA AFILADORA POR VALOR ACTUAL NETO	178
6.7.2	RELACIÓN COSTO BENEFICIO.....	179
6.7.3	RELACIÓN DE COSTO CON AFILADORAS EN EL MERCADO ..	180
	CAPÍTULO 7	181
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	181
7.1	CONCLUSIONES	181
7.2	RECOMENDACIONES	182
	BIBLIOGRAFÍA	183
	CONSULTAS WEB	184

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 OPERACIÓN DE RECTIFICADO	1
FIGURA 1.2 RECTIFICADORA PLANA.....	3
FIGURA 1.3 RECTIFICADORA SIN CENTROS	4
FIGURA 1.4 RECTIFICADORA UNIVERSAL	4
FIGURA 1.5 RECTIFICADORA CNC.....	5
FIGURA 1.6 MOVIMIENTOS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA AFILADORA.....	7
FIGURA 1.7 PARÁMETROS DEL RECTIFICADO	8
FIGURA 1.8 ARCO DE CONTACTO Y FORMACIÓN DE VIRUTA	9
FIGURA 1.9 AGLOMERANTE CERÁMICOS	17
FIGURA 1.10 AGLOMERANTE DE RESINA SINTÉTICA	18
FIGURA 1.11 AGLOMERANTE GALVÁNICO	19
FIGURA 1.12 CÓDIGO NORMALIZADO DE IDENTIFICACIÓN DE MUELAS.....	19
FIGURA 1.13 TIPOS DE RUEDA.....	20
FIGURA 1.14 VARIABLES EN EL PROCESO DE AFILADO	22
FIGURA 1.15 PERFIL DE DUREZA DE UNA HERRAMIENTA RECTIFICADA DE FORMA INCORRECTA.....	26
FIGURA 2.1 FUNDAMENTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PLATOS DE IMÁN PERMANENTE.....	29
FIGURA 2.2 PROCEDIMIENTO PARA SUJETAR LA PIEZA DE TRABAJO EN LA MORDAZA.....	30
FIGURA 2.3 FIJACIÓN POR VACÍO.....	31
FIGURA 2.4 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA	35
FIGURA 2.5 CONTACTOR TRIPOLAR	36
FIGURA 2.6 MODELO DE CONTACTORES SIEMENS.....	36
FIGURA 2.7 ELECTROIMÁN	37
FIGURA 2.8 CORRIENTE VS VELOCIDAD	40
FIGURA 3.1 DIVISIÓN MODULAR DEL PRIMER CONJUNTO	51
FIGURA 3.2 DIVISIÓN MODULAR DEL SEGUNDO CONJUNTO.....	52
FIGURA 3.3 FIJACIÓN POR CAMPO MAGNÉTICO.....	53
FIGURA 3.4 FIJACIÓN POR MORDAZAS	54
FIGURA 3.5 FIJACIÓN POR VACÍO.....	55
FIGURA 3.6 ESQUEMA DEL MOVIMIENTO REALIZADO POR LA MUELA.....	60
FIGURA 3.7 ESQUEMA FRONTAL DEL MOVIMIENTO DE LA MUELA	61
FIGURA 3.8 ESQUEMA DEL MOVIMIENTO REALIZADO POR LA HERRAMIENTA.....	62
FIGURA 3.9 MOTOR ELÉCTRICO	70

FIGURA 3.10 HUSILLO.....	71
FIGURA 3.11 ACCIONADOR NEUMÁTICO.....	72
FIGURA 4.1 FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE UN PUNTO	80
FIGURA 4.2 RECTIFICADO FRONTAL.....	82
FIGURA 4.3 ANÁLISIS DE FUERZAS PARA LA POTENCIA	82
FIGURA 4.4 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE MESA.....	88
FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE CORTANTE DE LA MESA.....	89
FIGURA 4.6 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DE LA MESA.....	89
FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE DIÁMETRO IDEAL DE APOYOS ARTICULADOS DE LA MESA	91
FIGURA 4.8 DIAGRAMA DE ÁNGULO DE DEFLEXIÓN DE LA MESA.....	91
FIGURA 4.9 DIAGRAMA DE DEFLEXIÓN DE LA MESA.....	91
FIGURA 4.10 DIAGRAMAS DE LAS PLACAS LATERALES	93
FIGURA 4.11 RELACIÓN D/W	95
FIGURA 4.12 DIAGRAMAS DE LA PLACA HORIZONTAL.....	97
FIGURA 4.13 DIAGRAMAS DE ESFUERZO CORTANTE Y FLECTOR DEL EJE ENTRE COJINETE DE RODAMIENTO Y PLACA LATERAL.....	99
FIGURA 4.14 TORNILLO DE POTENCIA Y COLA DE MILANO.....	101
FIGURA 4.15 ANÁLISIS ESTÁTICO DEL TORNILLO DE POTENCIA	105
FIGURA 4.16 DIAGRAMA DEL CORTANTE Y EL MOMENTO FLECTOR PARA LA CORONA Y EL SIN FIN PLANO XY	137
FIGURA 4.17 DIAGRAMA DEL CORTANTE, FLECTOR Y TORSOR PARA LA CORONA Y EL SIN FIN PLANO XZ	138
FIGURA 4.18 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE VIGA DE ESTRUCTURA DE AFILADORA.....	142
FIGURA 4.19 DIAGRAMA DE CORTANTE DE VIGA DE ESTRUCTURA DE AFILADORA	143
FIGURA 4.20 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DE VIGA DE ESTRUCTURA DE AFILADORA.....	144
FIGURA 4.21 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA COLUMNA.....	147
FIGURA 4.22 FIGURA DE ESFUERZO CRÍTICO VS RADIO DE GIRO.....	151
FIGURA 4.23 CÍRCULO DE MOHR PARA LA COLUMNA.....	154
FIGURA 4.24 ANÁLISIS DE ESFUERZOS	155
FIGURA 4.25 DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA GENERAL	158
FIGURA 6.1 AFILADORA MWM MODELO MX	180

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 5.1 CONSTRUCCIÓN DEL PASADOR.....	162
FOTOGRAFÍA 5.2 CONSTRUCCIÓN PLACA LATERAL.....	163
FOTOGRAFÍA 5.3 INSPECCIÓN DEL PROTOTIPO	165
FOTOGRAFÍA 5.4 FUNCIONAMIENTO DE LA RECTIFICADORA	166

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 RECOMENDACIÓN PARA EL COMPORTAMIENTO DE UNA RUEDA ABRASIVA	10
TABLA 1.2 VELOCIDAD TANGENCIAL DE LAS MUELAS EN M/SEG	11
TABLA 1.3 RECTIFICADO PLANO TANGENCIAL	12
TABLA 1.4 PROFUNDIDAD DE PASADA EN MM	13
TABLA 1.5 NÚMERO DEL GRANO DE LOS ABRASIVOS	15
TABLA 1.6 REQUISITOS DE ENERGÍA ESPECÍFICA EN EL RECTIFICADO PLANO	23
TABLA 1.7 PROBLEMAS EN EL RECTIFICADO	27
TABLA 3.1 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	46
TABLA 3.2 ALTERNATIVAS DE MÓDULOS 1	56
TABLA 3.3 EVALUACIÓN DE CADA CRITERIO	58
TABLA 3.4 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL COSTO.....	58
TABLA 3.5 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A FIABILIDAD.....	59
TABLA 3.6 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL MANTENIMIENTO ..	59
TABLA 3.7 TABLA DE CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO 1	59
TABLA 3.8 ALTERNATIVA DE MÓDULOS 2.....	64
TABLA 3.9 EVALUACIÓN DE CADA CRITERIO	66
TABLA 3.10 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL PESO	67
TABLA 3.11 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL MANTENIMIENTO	67
TABLA 3.12 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA CONSTRUCCIÓN	68
TABLA 3.13 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA OPERACIÓN	68
TABLA 3.14 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL COSTO.....	68
TABLA 3.15 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA CAPACIDAD	69
TABLA 3.16 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO A LA FIABILIDAD	69
TABLA 3.17 TABLA DE CONCLUSIONES PARA EL MÓDULO 2	69
TABLA 3.18 EVALUACIÓN DE CADA CRITERIO	73
TABLA 3.19 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL CONTROL.....	73
TABLA 3.20 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL MANTENIMIENTO	73
TABLA 3.21 EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES RESPECTO AL COSTO.....	74
TABLA 3.22 TABLA DE CONCLUSIONES	74
TABLA 3.23 FORMATO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS	76
TABLA 4.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y PARÁMETROS DE DISEÑO	90
TABLA 4.2 VALORES INICIALES DE CÁLCULO	102
TABLA 4.3 TABLA DE VALORES PARA EL CÁLCULO.....	103

TABLA 4.4 FÓRMULAS PARA ANÁLISIS DE ESFUERZOS	106
TABLA 4.5 ESFUERZO DE CORTE Y COMPRESIÓN	106
TABLA 4.6 VALORES INICIALES DE CÁLCULO	109
TABLA 4.7 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MECANISMO DE GIRO.....	112
TABLA 4.8 DIAGRAMA DE ESFUERZO PERMISIBLE.....	131
TABLA 4.9 CONSIDERACIONES DE CÁLCULO	132
TABLA 4.10 COEFICIENTE ELÁSTICO	133
TABLA 4.11 CONSIDERACIONES DE CÁLCULO	134
TABLA 4.12 RESUMEN DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA CORONA Y EN EL SIN FIN.....	135
TABLA 4.13 PARÁMETROS DE DISEÑO	140
TABLA 4.14 PESOS DE ELEMENTOS DEL PROTOTIPO	141
TABLA 4.15 PROPIEDADES DE UN PERFIL CUADRADO.....	145
TABLA 4.16 TABLA DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y GEOMÉTRICAS DEL PERFIL SELECCIONADO	149
TABLA 4.17 TABLA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE APOYO.....	150
TABLA 4.18 DESPLAZAMIENTO LATERAL INHIBIDO	152
TABLA 4.19 VALORES DE CÁLCULO PARA LA BOMBA DE REFRIGERACIÓN	157
TABLA 5.1 SECUENCIA DE ENSAMBLE DEL PROTOTIPO	163
TABLA 6.1 COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.	168
TABLA 6.2 COSTO DE MECANIZADO.....	171
TABLA 6.3 COSTO DE ELEMENTOS MECÁNICOS NORMALIZADOS	173
TABLA 6.4 COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA AFILADORA.	175
TABLA 6.5 COSTOS CON AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA Y VARIADOR DE VELOCIDAD	175
TABLA 6.6 COSTO DE CONTROL ELÉCTRICO	176
TABLA 6.7 COSTO DE ELEMENTOS DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	176
TABLA 6.8 COSTO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	177
TABLA 6.9 COSTO TOTAL DE LA RECTIFICADORA	177
TABLA 6.10 RELACIÓN COSTO BENEFICIO.....	179

TABLA DE ANEXOS

ANEXO I: CASA DE LA CALIDAD	186
ANEXO II: DIAGRAMA FUNCIONAL DEL PROTOTIPO.....	189
ANEXO III: TABLAS DE ESFUERZOS CRÍTICOS	191
ANEXO IV: TABLAS PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES.....	194
ANEXO V: COTIZACIÓN MÁQUINA RECTIFICADORA IMPORTADA.....	205
ANEXO VI: HOJAS DE PROCESO	207
ANEXO VII: WPS.....	214
ANEXO VIII: DIAGRAMA DE CONTROL DE LA RECTIFICADORA.....	218
ANEXO IX: PROTOTIPO OBTENIDO	221
ANEXO X: PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	223
ANEXO XI: SEGURIDAD PARA EL MANEJO DEL PROTOTIPO.....	226
ANEXO XII: MANUAL DE OPERACIONES.....	229
ANEXO XIII: PLANOS DE TALLER Y MONTAJE.....	232

RESUMEN

El presente proyecto de titulación establece el diseño y construcción de una rectificadora de cuchillas de 800 mm de longitud de forma que facilite la operación de afilado de las cuchillas utilizadas en las diferentes máquinas utilizadas para el corte de las envolturas de sus productos.

En el primer capítulo se describe un estudio sobre las diferentes rectificadoras existentes en el mercado, adicionalmente se analiza los diferentes parámetros de corte en el afilado, se presenta un estudio sobre la elección adecuada de las muelas, la influencia de la temperatura durante el proceso de rectificado y los posibles problemas que se presentan durante dicha operación.

En el segundo capítulo detalla los diferentes requerimientos y parámetros del diseño como es la sujeción de las cuchillas, movimientos de desplazamiento, refrigeración y el control del proceso de rectificado.

En el tercer capítulo se realiza un análisis para determinar las especificaciones del diseño del prototipo analizando las necesidades de la empresa, además se establece un diagrama funcional que permite ir analizando por módulos todos los requerimientos del prototipo y seleccionar las alternativas adecuadas, y para finalizar se presenta el protocolo de pruebas para verificar la funcionalidad de la máquina.

En el cuarto capítulo se realiza el diseño de los diferentes elementos que constituyen el prototipo de la máquina afiladora, para lo cual se realiza un análisis estático y dinámico de los elementos y se toma en cuenta las consideraciones respectivas para cada uno de ellos según la funcionalidad de los mismos.

En el quinto capítulo se detalla el procedimiento para la fabricación y montaje del prototipo, así como también los diferentes equipos y herramientas utilizados para dicho procedimiento, adicionalmente se lleva a cabo las pruebas de campo e inspección por parte del director del proyecto.

En el sexto capítulo se realiza un análisis de los costos totales de los elementos normalizados adquiridos para la construcción del prototipo, así como también de los elementos fabricados en el taller y un análisis de rentabilidad de la rectificadora de cuchillas.

Para finalizar en el séptimo capítulo se detalla las conclusiones y recomendaciones obtenidas al realizar el presente proyecto.

PRESENTACIÓN

Hoy en día el auge del desarrollo tecnológico es cambiante, nuevas tecnologías van apareciendo y sistemas más complejos para realizar actividades de mejor manera y en menor tiempo y que antes no eran posible hacerlas, especialmente en el sector industrial donde actualmente se cuenta con herramientas y maquinaria de último nivel.

Una de la problemática actual es que, aunque existen máquinas de última tecnología para realizar diferentes actividades como es el rectificado de cuchillas; dichas máquinas no son tan accesibles ya que estas requieren ser importadas de otro país y a costos muy elevados.

De tal forma la empresa CONFITECA C.A. para solucionar su requerimiento de rectificado de cuchillas las cuales son utilizadas en sus diferentes máquinas para el corte de envoltura de sus confites a puesto su confianza en dos graduandos de la Politécnica Nacional, para poder construir una máquina rectificadora de cuchillas la cual sea diseñada y construida con materiales accesibles en el mercado local y de fácil operación, mantenimiento y más que todo no sea de tan alto precio.

De tal forma y en virtud de todo cuanto se ha aprendido durante los años de estudio en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional se ha logrado desarrollar un prototipo de rectificadora de cuchillas de hasta 800mm que cumple con las necesidades y especificaciones de rectificado de cuchillas, demostrando de esta forma que maquinaria especializada de este tipo es posible desarrollarla en nuestro país.

CAPÍTULO 1.

MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

Las rectificadoras o también llamadas afiladoras tienen como función principal crear o rectificar la superficie de corte de instrumentos o elementos utilizados en la operación de corte.

Es una máquina herramienta, utilizada para realizar mecanizados por abrasión, con alta precisión dimensional y alto acabado superficial, es decir, con rugosidades bajas que en el mecanizado por arranque de viruta. Para el rectificado se utilizan discos abrasivos robustos, llamados muelas como se indica en la figura 1.1.

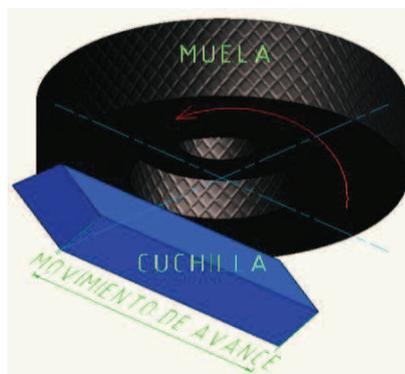


Figura 1.1 Operación de Rectificado

Fuente: Propia

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL RECTIFICADO

Existe una gran desproporción entre el tamaño de la pieza que se mecaniza y la máquina. Esto se debe a la total ausencia de vibraciones que se exige, debido a la precisión requerida.

Los esfuerzos de corte en este tipo de máquinas son muy inferiores al resto de las máquinas herramientas y en muchos casos no llegan a 1 Kgf/cm.

Debido a esto sus órganos se calculan de manera que puedan soportar altas velocidades y presiones de corte bajas, reduciendo al mínimo los rozamientos para obtener el máximo rendimiento posible.

La muela gira a velocidades muy superiores a las de cualquier otra máquina, pues es frecuente llegar a las celeridades sobre las 10000 rpm dependiendo del diámetro de la muela.

Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico. Para el rectificado se utilizan discos abrasivos robustos, llamados muelas. El rectificado se aplica luego que la pieza ha sido sometida a otras máquinas herramientas que han quitado las impurezas mayores, dejando solamente un pequeño excedente de material para ser eliminado por la rectificadora con precisión.¹

Dicha rectificadora consiste en un bastidor que contiene una muela giratoria compuesta de granos abrasivos muy duros y resistentes al desgaste y a la rotura. Dentro del proceso de rectificado es muy importante tener en cuenta parámetros como los movimientos que realizará, además de la elección adecuada de la muela que se vaya a utilizar ya que estas están constituidas por un abrasivo y aglomerante los cuales hacen que sus propiedades sean diversas.

Todo esto afecta directamente en el acabado de la pieza a obtener; en todo caso este tipo de máquinas garantiza un rectificado óptimo, siempre y cuando se tomen en cuenta todas aquellas consideraciones involucradas en el proceso.

¹www.metalactual.com/revista/13/maquinaria_rectificadoras.pdf

1.3 TIPOS DE RECTIFICADORAS.

Según las características de las piezas a rectificar se utilizan diversos tipos de rectificadoras, siendo las más destacadas las siguientes:

1.3.1 LAS RECTIFICADORAS PLANEADORAS O TANGENCIALES:

Son máquinas empleadas en la rectificación de superficies que materializan en un plano. Esta operación puede realizarse en rectificadoras de eje portamuelas horizontal, empleando muelas planas; que consiste de un cabezal provisto de una muela y un carro longitudinal, que se mueve en forma de vaivén en el que se coloca la pieza a rectificar como se indica en la figura 1.2.



Figura 1.2 Rectificadora Plana

Fuente: <http://www.famasa.com/product.php?id=2631>

1.3.2 LA RECTIFICADORA SIN CENTROS

Consta de dos muelas una de corte y otra de arrastre, entre las cuales se coloca la pieza sostenida por una regla de acero situada entre ambas muelas como se muestra en la figura 1.3. Esta modalidad de rectificados se puede hacer de dos maneras: rectificación en enfilada y rectificación en penetración.

En la rectificación de enfilada la muela de arrastre forma un ángulo con el eje de la muela de corte y esto produce un avance automático de la pieza. El movimiento de penetración se consigue avanzando en sentido transversal de la muela de

arrastre; se utilizan para el rectificado de pequeñas piezas cilíndricas como bulones, casquillos, pasadores, etc.



Figura 1.3 Rectificadora sin centros

Fuente: http://rehobotsrl.com.ar/wg_generado_02.html?rand=4290728

1.3.3 LAS RECTIFICADORAS UNIVERSALES

Se utilizan para todo tipo de rectificados en diámetros exteriores interiores de ejes, de forma. Son máquinas de gran envergadura cuyo cabezal porta muelas tiene un variador de velocidad para adecuarlo a las características de la muela que lleva incorporada y al tipo de pieza que rectifica. (figura 1.4).



Figura 1.4 Rectificadora Universal

Fuente: <http://www.knuth.de/produkt,62,sprache,4.html>

1.3.4 RECTIFICADORAS CNC

Esta máquina es lo más actual desarrollado para el proceso de rectificado permite rectificar tres partes diferente de una misma pieza: superior, frontal e inferior, es decir, tanto tangencial como por el perfil y como por la parte interior. Esta rectificadora (figura 1.5), mejora los tiempos de mecanizado ya que incorporan servomotores para cada eje lo que permite un posicionamiento más preciso.

Con las CNC es posible programar las coordenadas cartesianas y establecer la distancia exacta de rectificado, esto sin necesidad de ninguna clase de topes, dado que estos motores reciben un impulso eléctrico que hace que el tornillo gire exactamente la diferencia que se le programó, siendo innecesario los topes².



Figura 1.5 Rectificadora CNC

Fuente: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Rectificadora-superficies-planas-GER-RT-CNC-68002.html>

² www.metalactual.com/revista/13/maquinaria_rectificadoras.pdf

1.4 AFILADO DE CUCHILLAS

Las afiladoras tienen como misión de crear por primera vez, o de regenerar las aristas de corte de una herramienta. La herramienta que se emplea en el afilado se llama muela y por ende la operación que se desarrolla con la afiladora se denomina afilado.

La puesta en marcha de estos equipos se basa principalmente en el principio de funcionamiento de las rectificadoras. En si, son máquinas herramientas donde el movimiento de corte, que es circular, corresponde a la herramienta (muela abrasiva). Para el funcionamiento de este tipo de máquinas no es muy fácil de operar.³

Para obtener un afilado eficaz se utiliza muelas como herramienta de arranque de viruta.

El afilado se efectúa siempre por el lado del bisel realizando los siguientes pasos:

- Composición o desbaste del bisel (con una muela de grano grueso)
- Afilado de bisel (con una muela de grano fino o piedra de agua)

Las muelas para realizar esta operación pueden fabricarse de distintas formas, dimensiones, grano y dureza; la finalidad es satisfacer las exigencias antes descritas.

Al afilar con este tipo de máquina se necesitan tres movimientos principales como se indica en la figura 1.6, estos son:

³ ROSSI, MARIO; Máquinas-Herramientas Modernas; Editorial Hoppeli, Barcelona, 1971, página771

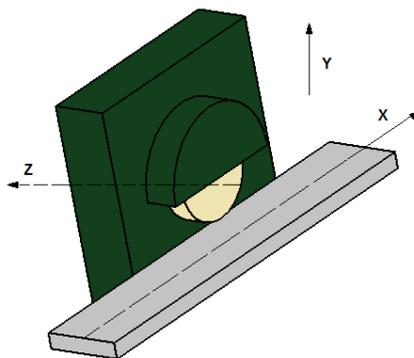


Figura 1.6 Movimientos principales de la máquina afiladora

Fuente: Propia

- **Eje Z de movimiento corte:** Este eje posee la potencia de corte y en él va montada la muela abrasiva.
- **Eje X de movimiento de avance:** Este eje es horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza. Es perpendicular al eje Z. El de movimiento de avance (muela o pieza)
- **Eje Y de movimiento penetración:** Este eje es vertical, perpendicular al eje X y proporciona el movimiento de acercamiento de la muela a la pieza. El de aproximación o ajuste

El funcionamiento de este tipo de rectificado o afilado es simple: una vez fijada la pieza se baja el cabezal hasta que la muela roce la pieza. Por medio del movimiento de avance se efectúa un movimiento de vaivén en el cabezal, mientras que en el otro eje se hace penetrar hasta realizar el rectificado a la dimensión requerida o el filo necesario.

1.5 PARÁMETROS DE CORTE EN EL AFILADO

Los parámetros de corte fundamentales que hay que considerar en el proceso de afilado se deben seleccionar de tal manera que aseguren un alto rendimiento de la muela abrasiva, la alta calidad de acabado en la superficie al afilar y el mínimo costo de producción al realizar la operación, dentro de los cuales tomaremos en cuenta:

- Elección del tipo de herramienta más adecuado (muela).
- Sistema de fijación de la cuchilla.
- Velocidad de corte (v_c) expresada en metros por minuto [m/min].
- Longitud de la cuchilla.
- Ángulo de la cuchilla.
- Revoluciones por minuto [rpm] de la muela.
- Avance en [mm/min] de la herramienta (muela).
- Profundidad de pasada.
- Esfuerzos de corte.
- Tipo de cuchilla y dureza.

Para un mejor análisis tomaremos en cuenta una operación de rectificado plano periférico como se muestra en la figura 1.7.

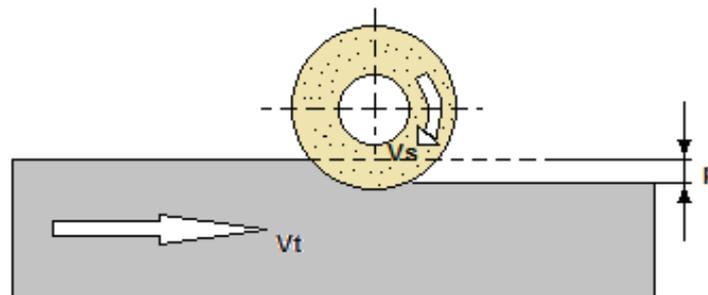


Figura 1.7 Parámetros del rectificado

Fuente: Propia

Donde:

V_s : velocidad periférica de la rueda;

V_t : velocidad de avance del material;

P : profundidad de pasada.

En la práctica, V_s no es regulable sino que viene determinada en forma fija por el cabezal de la máquina.

Interesa la relación:

$$q = V_s / V_t \quad (1.1)$$

A efectos de la geometría de formación de la viruta, tal como se muestra en las figuras de arco de contacto. Ver figura 1.8.

Se puede ajustar el avance, de manera que, si la relación entre V_s y V_t es alta, es decir, el avance relativamente bajo se puede usar menor dureza de muela y estructura normal o cerrada y viceversa.

Con avances relativos altos puede usarse abrasivo más duro con estructura más abierta. La explicación de esto se debe al tamaño de las virutas que se desprenden, por lo tanto requieren mayores poros de descarga y que al cargar con mayor fuerza sobre la estructura de la piedra rompen los granos con mayor facilidad.

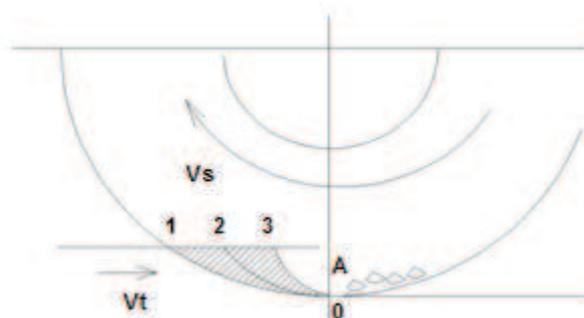


Figura 1.8 Arco de contacto y formación de viruta

Fuente: Propia

En el grano abrasivo "A" recorre el arco 01 y en ese mismo tiempo, con avance V_t del material de trabajo, es decir, la pieza la viruta arrancada es 012. Si ahora aumenta V_t , el punto 1 penetrará hasta el punto 3 y por consiguiente la viruta desprendida de mayor tamaño será 013.

En forma similar al mayor avance actúa la profundidad de pasada pudiendo en este caso usarse un grano más grueso. También se recomienda tener en cuenta el comportamiento de la rueda abrasiva como indica la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Recomendación para el comportamiento de una rueda abrasiva

Condición de Trabajo	Si la rueda se comporta:	
	Muy dura	Muy Blanda
Velocidad periférica Vs (de la rueda)	Disminuir	Aumentar
Velocidad de Trabajo Vt	Aumentar	Disminuir
Profundidad p	Aumentar	Disminuir

Fuente: BOTTICINI, GERARDO; Rectificado, Desbaste y Tronzado; Editorial ALSINA, 1ª edición, Buenos Aires, 2011, página 105

1.5.1 VELOCIDAD PERIFÉRICA (VELOCIDAD DE CORTE)

Es la velocidad relativa entre la muela y la pieza en el punto que se realiza el arranque de viruta.

La velocidad periférica de una muela está en función de su diámetro y del número de revoluciones medidas por unidad de tiempo como indica la tabla 1.2; esta viene dada por la fórmula:

$$Vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (1.2)$$

Donde:

Vc: Velocidad periférica en [m/s].

D: Diámetro de la muela en metros [m].

n: Número de revoluciones [rev].

Tabla 1.2 Velocidad tangencial de las muelas en m/seg

Tipo de Muela	Aglomerante Vitrificado y al silicato			Aglomerante de resinas sintéticas y goma		
	Dureza			Dureza		
	Blanda	Media	Dura	Blanda	Media	Dura
De disco	25	30	33	33	40	60
Anular de copa cónica	23	25	28	25	30	40
De disco para tronzar					50	60
De disco especial para tronzar						60-80

Fuente: ROSSI, MARIO; Máquinas-Herramientas, editorial Hopelli, Barcelona, 1971;
página 1004

La velocidad de corte depende:

- Del material de la pieza a trabajar.
- Del tipo de muela.
- Del refrigerante.
- De la profundidad de pasada y del avance.

1.5.2 VELOCIDAD DE AVANCE

En el afilado de cuchillas planas el término avance longitudinal se designa a la longitud de desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza o viceversa, en la unidad de tiempo. Ver tabla 1.3.

La velocidad de la muela, velocidad de avance longitudinal o transversal, son valores que dependen de los siguientes factores:

- Calidad del material a afilar.
- Estado de la superficie.
- Grado de acabado requerido.
- Calidad del abrasivo y de su grano.
- Calidad del aglomerante.

Tabla 1.3 Rectificado plano tangencial

Material	Dureza [HRC]	Condiciones	Velocidad de Corte Muela [m/s]	Velocidad de Avance Longitudinal [m/min]	Avance Vertical [mm/pasada]	Avance Transversal [mm/carretera]	Tipo de Muela	
Aceros maquinales al carbono	52 máx	Recocido-Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/4	A461V	
	52-65	Cementado y Templado o Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/4	A461V	
Aceros al carbono	52 máx	Recocido-Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.03 max	b/4	A461V	
	52-65	Cementado y Templado o Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/10	A461V	
Aceros maquinables aleados	52 máx	Recocido-Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.03 max	b/4	A461V	
	52-65	Cementado y Templado o Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/10	A461V	
Aceros Aleados	52 máx	Recocido-Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.03 max	b/4	A461V	
	52-65	Cementado y Templado o Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/10	A461V	
Aceros para Herramientas	150-257 HB	Recocido	28-33	15-30	0.05 0.01 max	b/5	A461V	
	56-65	Bonificado			0.05 0.01 max	b/10		
Fundición Gris	52 máx	Normal o Bonificado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	A461V	
Fundición Maleable	52 máx	Maleabilizada, maleabilizada y tratada	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	A461V	
Acerosinoxidables	Ferríticos	135-185 HB	Recocido	28-33	15-30	0.05 0.01 max	b/4	A461V
	Austeníticos	135-185 HB	Recocido o Laminado en Caliente	28-33	15-30	0.05 0.01 max	b/4	A461V
	Martensíticos	135-275 HB	Recocido o Laminado en Caliente	28-33	15-30	0.05 0.01 max	b/4	A46HV
		> 275HB	Bonificado	28-33	15-30	0.03 0.01 max	b/8	A46HV
Aleaciones de Aluminio	30-150 HB	Fundido, laminado en caliente, tratado y envejecido	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	A46KV	
Aleaciones de Magnesio	40-90 HB	Fundido, recocido, laminado en caliente, tratado y envejecido	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	A46KV	
Aleaciones de Cobre	20-70 HRb	Recocido o laminado	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	C46KV	
	60-100 HRb	Recocido o Laminado en Caliente	28-33	15-30	0.08 0.01 max	b/3	A46KV	
Titanio Puro	110-275	Recocido	7-33	12	0.03 0.01 max	b/10	A461V A601V C461V C70LV	

Fuente: Metcut Research Ass. Inc; Machining Data Handbook, Cincinnati, Ohio 1966.

1.5.3 PROFUNDIDAD DE PASADA⁴

La profundidad de corte determina el espesor de la capa de metal que se arranca durante un recorrido de trabajo. Para el afilado, es provechoso aceptar mayor la profundidad de afilado permitida por los granos de la muela, la pieza y la máquina-herramienta. La profundidad de rectificado no debe ser más de 0.05 [mm] del tamaño transversal del grano. Ver tabla 1.4.

Por ejemplo, para un muela de número o granulosidad de 90, esta profundidad debe ser menos de 0.04 [mm]. Con mayor profundidad de rectificado, los poros de la muela se llenan de inmediato con virutas metal.

Tabla 1.4 Profundidad de pasada en mm

Material	Desbaste	Acabado
Acero suave	0.03-0.06	0.005-0.02
Acero para herramientas	0.02-0.03	0.005-0.01
Fundición	0.08-0.16	0.02-0.05
Aleaciones ligeras	0.125-0.25	0.02-0.1

Fuente: ARRANZ FERNANDO; Ingeniería de fabricación, editorial Visión Net, Madrid, 2005; página 108

1.6 ESTUDIO DE LAS MUELAS

1.6.1 GENERALIDADES

Una rueda abrasiva es una herramienta constituida por el grano abrasivo y el aglomerante, dentro del cual el grano abrasivo realiza el proceso del mecanizado que se da a altas temperaturas y el aglutinante sujeta los granos individualmente además de conferir a la rueda estabilidad mecánica.

⁴ LOSKUTOV V, Rectificación de Metales, página 216

Se puede decir además que una rueda abrasiva está sometida a grandes esfuerzos, por tanto, para evitar posibles riesgos con la pieza a mecanizar y que permita un trabajo óptimo se debe considerar:

- El tipo de abrasivo.
- Tamaño del grano.
- La dureza.
- La porosidad o estructura.
- El aglomerante o aglutinante.

1.6.2 TIPO DE ABRASIVO

Se denomina abrasivo a toda aquella partícula pequeña, dura y no metálica que presenta aristas agudas, los abrasivos actúan sobre otros materiales con diferentes clases de esfuerzos mecánicos, triturado, molienda, corte, pulido.

Los granos manufacturados abrasivos se elaboran por métodos controlables en hornos de arco eléctrico por lo que la calidad y características de una rueda cumple ciertos requerimientos del rectificado. Se emplean materiales como óxido de aluminio, carburo de silicio, zirconio y materiales cerámicos. De lo antes citados podemos decir que los tipos de abrasivos más utilizados son:

- Alundum o Corindón (Al_2O_3).
- Carborundum o carburo de silicio (CSi).
- Borazón o nitruro bórico (NB).
- Diamante natural o sintetizado.

1.6.3 TAMAÑO DEL GRANO

El tamaño del grano abrasivo es un factor importante cuando debe seleccionarse la muela de rectificado adecuada. Los distintos tamaños de grano están clasificados de acuerdo con una escala de medidas internacional que oscila entre 8 (basto) y 1200 (superfino). Como se indica en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Número del grano de los abrasivos

Número	Tamaño	Empleo General
8,10,12,14	Grano muy grueso	Desbardado y desbaste de grandes piezas.
15,16,20,24,30	Grano grueso	a) Desbardado de piezas medianas y de peso. b) Desbaste y rectificadas bastos c) Alisado automático
36,40,46,50,60	Grano mediano	a) Alisado automático b) Rectificado de desbaste y de acabado cilíndrico exterior e interior c) Afilado de herramientas
70,80,90	Grano semifino	a) Afilado de herramientas b) Rectificado de acabado cilíndrico exterior e interior
100,120	Grano fino	a) Afilado de herramientas b) Acabado y primer pulido
150,180,200,220	Grano muy fino	Bruñido
F,FF,FFF	Polvo de lavado	Bruñido

Fuente: ROSSI, MARIO; Máquinas-Herramientas Modernas, editorial Hopeli, Barcelona, 1971; página 811

El tamaño de grano para rectificar acero para herramientas está generalmente situado entre la escala de 24–100. El grano basto se utiliza para realizar una rápida eliminación de material, cuando se rectifican piezas de grandes dimensiones, rectificar materiales blandos o cuando la superficie de contacto con la muela de rectificado es grande. El tamaño de grano fino se utiliza para producir un buen acabado de la superficie, cuando deben rectificarse materiales duros o cuando la superficie de contacto de la muela de rectificado es pequeña.

1.6.4 DUREZA DEL CUERPO ABRASIVO⁵

La dureza de un cuerpo abrasivo es la resistencia con que quedan ligados cada uno de los granos abrasivos por el aglomerante, o mejor dicho, la resistencia que ofrecen los granos abrasivos a desprenderse del aglomerante.

Como norma general se desea que los granos de un cuerpo abrasivo estén tan fuertemente unidos entre sí, que puedan soportar la presión del mecanizado en forma tal que no se desprendan del aglomerante hasta no haber perdido su poder de corte, dejando paso sólo entonces a un nuevo grano abrasivo cortante.

En la elección de la dureza de un cuerpo abrasivo, deben tenerse en cuenta tres factores fundamentales:

- La composición del material a rectificar, si está tratado térmicamente o no (duro o blando).
- El arco de contacto de la rueda contra la pieza.
- La velocidad periférica de trabajo de la rueda, que se indica en la misma en revoluciones por minuto (R.P.M.) o metros por segundo (m/s).

Como principio se puede aplicar la regla que "para materiales blandos debemos utilizar ruedas duras y viceversa".

La dureza de una rueda se expresa con una letra que en orden alfabético, va de muy blanda a muy dura:

- Muy blanda: E-F-G
- Blanda: H-I-J-K
- Mediana: L-M-N
- Dura: O-P-Q
- Muy dura: R-S-T

⁵TYROLIT; Folleto de Capacitación Ruedas Abrasivas, Argentina, página 6

1.6.5 EL AGLOMERANTE O AGLUTINANTE⁶

Los aglutinantes o aglomerantes son los diferentes materiales adherentes que se mezclan con los granos y polvos abrasivos para constituir la masa que forma la muela abrasiva.

En la fabricación y elaboración de herramientas abrasivas los aglutinantes constituyen la formulación de la mezcla para cumplir las propiedades, parámetros y exigencias establecidos para el uso y aplicación de las muelas abrasivas. Para esto se usan aglutinantes que se funden a baja y alta temperatura.

Para fabricar las herramientas abrasivas se emplean dos grupos de aglutinantes fundamentales: inorgánicos (de cerámica), y orgánicos (de baquelita y vulcanita).

1.6.5.1 Aglomerantes Cerámicos

En comparación con otros, tienen una mayor resistencia al calor, a la humedad y mayor resistencia química. Las muelas hechas con aglutinantes cerámicos conservan bien el perfil de su arista activa, pero son sensibles a las cargas de choque y flexión, especialmente cuando la muela tiene un pequeño espesor. Ver figura 1.9.

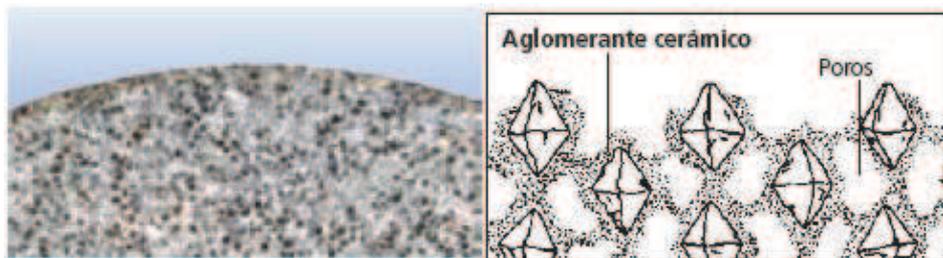


Figura 1.9 Aglomerante Cerámicos

Fuente: www.pferd.com/images/WZH_21_205_72dpi_es.pdf

⁶ ARTEAGA OSBANY; 2007. Metodología para la elaboración de muelas abrasivas sobre vástago, Centro de investigaciones de soldadura, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas

1.6.5.2 Aglomerante de resina sintética (baquelita)

Este tipo de aglutinante tiene una alta resistencia mecánica y elasticidad; permite trabajar a la velocidad circunferencial hasta de 5000 r.p.m y en caso de trabajo con discos delgados con una velocidad hasta de 7500 r.p.m.

Con aglutinante de baquelita se producen muelas, segmentos y barras abrasivas que se emplean para cortar o hacer canales estrechos para el esmerilado del acero templado, afilado de las herramientas, esmerilado plano por medio de un juego de discos hechos de segmentos y barras, esmerilado perfilado y acabado y rectificando de cilindros y roscas. Ver figura 1.10.

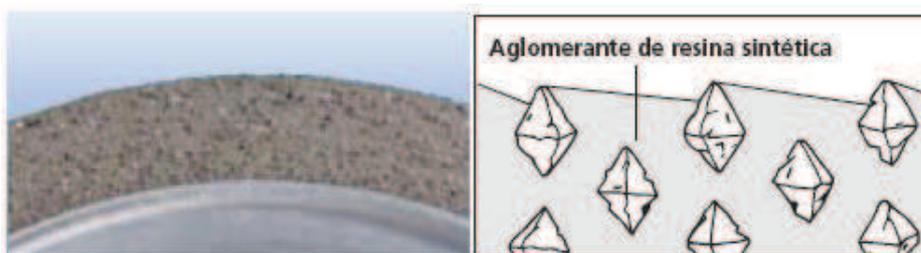


Figura 1.10 Aglomerante de resina sintética

Fuente: www.pferd.com/images/WZH_21_205_72dpi_es.pdf

1.6.5.3 Aglomerante galvánico

Este tipo de aglutinante presenta mayor elasticidad y menor resistencia térmica, que las muelas con aglutinante de baquelita. A temperatura superior a 150 °C, el aglutinante de vulcanita se ablanda y los granos se hunden en el interior de éste.

Las muelas abrasivas con aglutinante de vulcanita no pueden utilizarse para quitar grandes sobre-espesores debido a que tienen una estructura de alta densidad. Con aglutinante de vulcanita se producen muelas de disco, muelas planas y cabezales como se indica en la figura 1.11. Estas muelas se emplean para cortar o hacer canales estrechos, para cortar o esmerilar las superficies esféricas, en las operaciones del acabado, esmerilado perfilado y esmerilado.

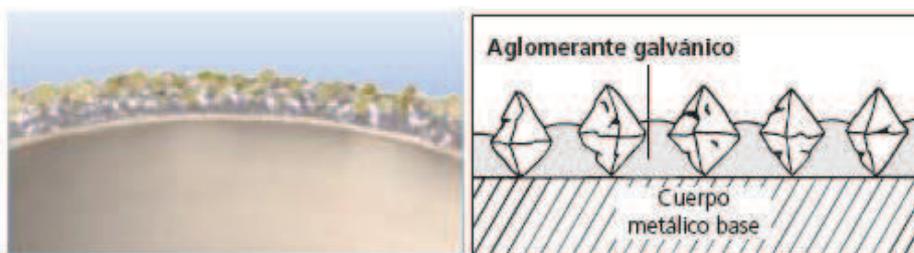


Figura 1.11 Aglomerante galvánico

Fuente: www.pferd.com/images/WZH_21_205_72dpi_es.pdf

Todo lo antes expuesto se sintetiza en la figura 1.12 como se muestra a continuación:

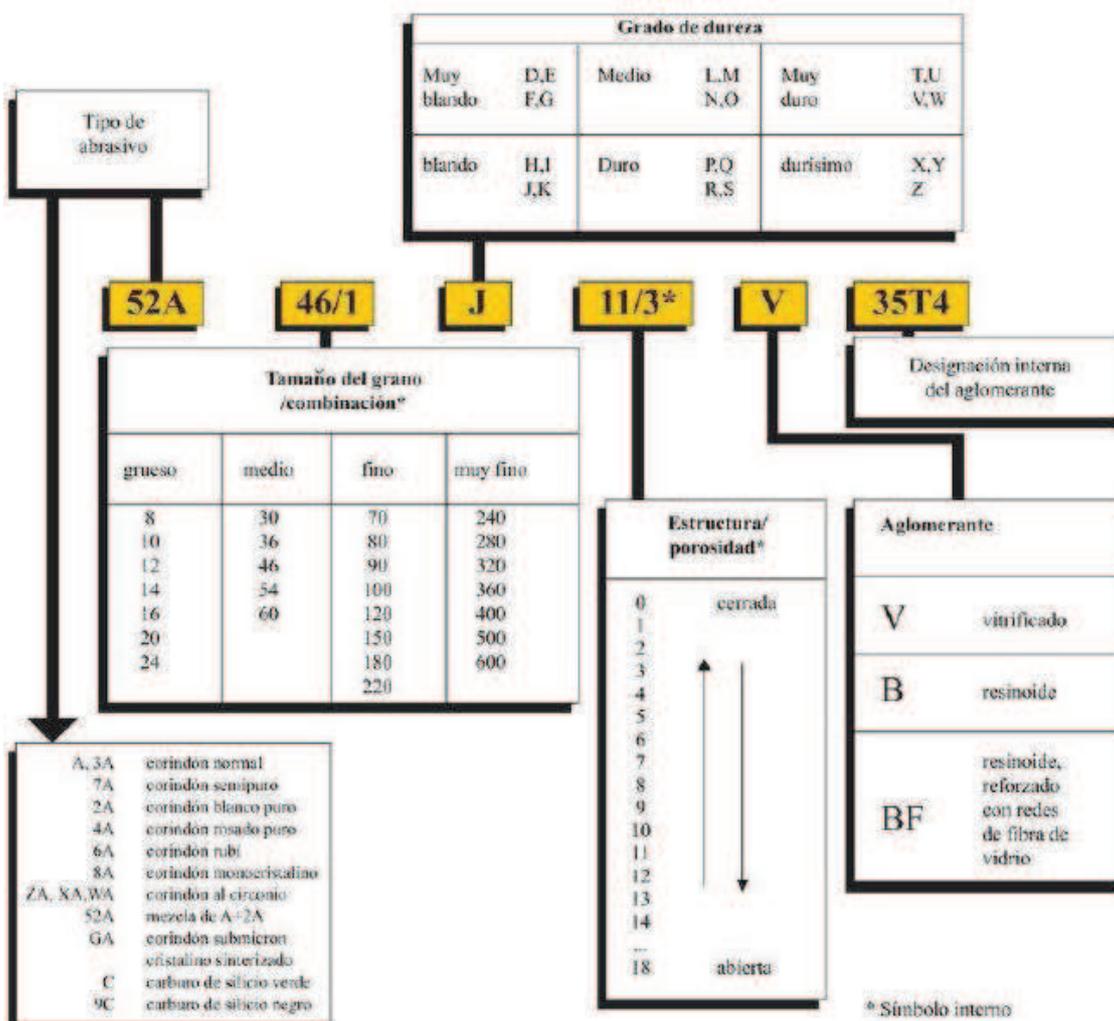


Figura 1.12 Código normalizado de identificación de muelas

Fuente: DEGARMO, J; Materiales y Procesos de Fabricación; Editorial Reverte; página

1.7 FORMA Y DIMENSIONES DE LAS MUELAS

Dependiendo la forma de la rectificadora o máquina en la cual se usan las muelas encontramos que estas pueden ser de diferente forma y tamaño. Ver figura 1.13.

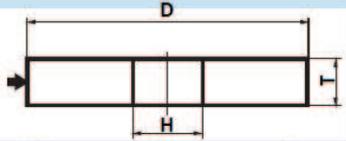
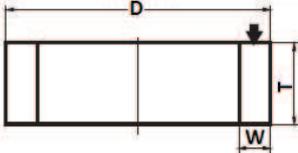
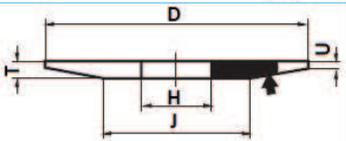
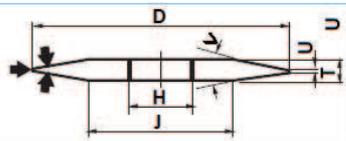
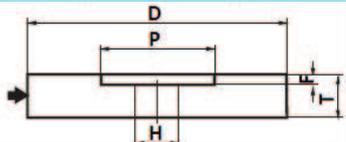
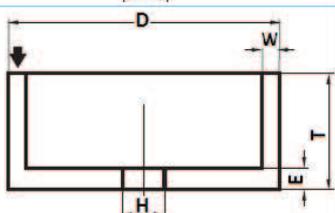
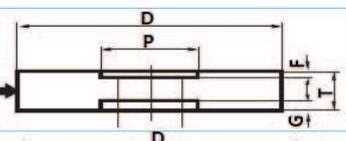
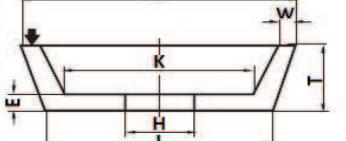
Tipos de rueda más usuales (Las flechas indican la cara de trabajo)				
Tipo	Denominación	Forma	Limitaciones	Medidas y orden exigidos
1	Rueda recta		$H \leq 0,67 D$	$D \times T \times H$
2	Anillo		$W \leq 0,17 D$	$D \times T - W =$
3	Rueda recta cónica de un lado		$H \leq 0,67 D$	$D / J \times T / U \times H$
4	Rueda recta cónica de los dos lados		$H \leq 0,67 D$	$D \times T / U \times H$ $V =$
5	Rueda recta con un rebaje		$H \leq 0,67 D$ $F \leq 0,5 T$	$D \times T \times H$ $P \times F$
6	Copa recta		$E \geq 0,2 T$	$D \times T \times H$ $W = E =$
7	Rueda recta con dos rebajes		$H \leq 0,67 D$ $F + G \leq 0,5 T$	$D \times T \times H$ $P \times F / G$
11	Copa cónica		$E \geq 0,2 T$	$D / J \times T \times H$ $W = E = K =$

Figura 1.13 Tipos de Rueda

Fuente: TYROLIT; Folleto de Capacitación Ruedas Abrasivas, Argentina, página 6

1.8 FUERZAS DE CORTE AL AFILAR⁷

Conocer las fuerzas que actúan sobre el rectificado es importante por muchas razones:

- Para estimar los requerimientos de potencia.
- Para diseñar las rectificadoras.
- Para conocer las flexiones que puede experimentar la pieza y la rectificadora.
- Para el diseño de los soportes y sujetadores de pieza.

A su vez, conocer las deformaciones es muy importante para lograr la exactitud dimensional del proceso.

El espesor de la capa cortada del metal por un grano de la muela es muy pequeño, pero, al tomar en cuenta que en proceso de afilado con muela abrasiva participa simultáneamente gran cantidad de éstos, la resultante de las fuerzas constituye una magnitud notable.

La fuerza de corte en el grano es proporcional al área transversal de la viruta no deformada, se puede demostrar que la fuerza del grano (fuerza tangencial de la piedra) es proporcional a las variables del proceso como sigue:

$$\text{Fuerza de grano} \propto \left(\frac{v}{V} \sqrt{\frac{d}{D}} \right) (\text{resistencia del material}) \quad (1.3)$$

Donde:

v: Velocidad de avance

V: Velocidad periférica de la muela

D: Diámetro de la vuela

d: Profundidad de corte

⁷ KALPAKJIAN, SEPARE; Manufactura-Ingeniería y Tecnología, página 714

Por las dimensiones pequeñas que se manejan, las fuerzas en el rectificado suelen ser mucho menores que las de operaciones de corte, estas fuerzas deben mantenerse bajas para evitar distorsiones y mantener la exactitud dimensional de la pieza.

La energía disipada al producir una viruta en rectificado está constituida por la necesaria para:

- Formación de virutas.
- Rayado con levantamientos o surcos de material.
- Fricción causada por frotamiento del grano a lo largo de la superficie.

Los granos desarrollan una cara de desgaste (figura 1.16), resultado de la operación de rectificado. Como es obvio, la cara de desgaste se frota con la superficie rectificada y, por la fricción, disipa energía.

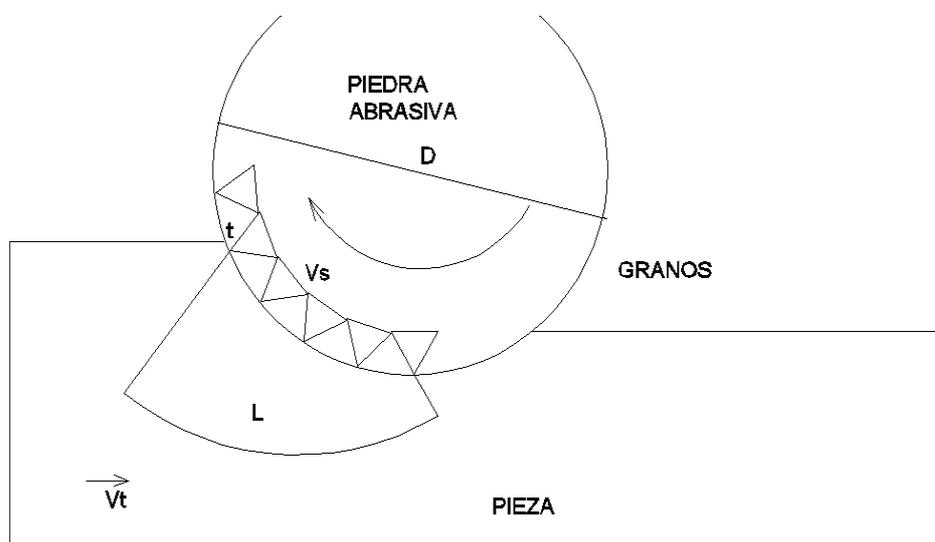


Figura 1.14 Variables en el proceso de afilado

Fuente: Propia

En la tabla 1.6 se ven los requisitos normales de energía específica (energía por unidad de volumen eliminado) en el rectificado o afilado. Estos niveles de energía son mucho mayores que en las operaciones de maquinado. Esta diferencia se

atribuye a factores como la presencia de caras planas y virutas producidas con ángulos de ataque negativo grande.

Tabla 1.6 Requisitos de energía específica en el rectificado plano

Material de la pieza	Dureza	Energía Específica	
		W*s/mm ³	hp*min/pulg ³
Aluminio	150 HB	7--27	2.5--10
Hierro Colorado	215 HB	12--60	4.5--22
Acero al carbono (1020)	110 HB	14--68	5--25
Aleación de titanio	300 HB	16--55	6--20
Acero de herramientas	67 HRC	18--82	6.5--30

Fuente: KALPAKJIAN, SEPARE; Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Editorial Reverte; Barcelona, 2002; página 714

A partir de los datos de energía específica se puede calcular la fuerza de rectificado (tangencial a la muela), F_c con la siguiente fórmula:

$$T = (F_c)\left(\frac{D}{2}\right) \quad (1.4)$$

Donde:

T: Par producido

D: Diámetro de la muela

F_c : Fuerza de corte

Para obtener el par o momento producido por la muela, se obtiene con la fórmula:

$$P = (T)(W) \quad (1.5)$$

Donde

P: Potencia consumida por la muela.

w: es la velocidad de rotación de la muela en [rad/min]

La potencia consumida por la muela es:

$$P = (u)(RRM) \quad (1.6)$$

Donde:

u: es la energía específica, obtenida en la tabla

RRM: es la rapidez de remoción del material (pulg³/min).

Finalmente para el cálculo de la rapidez de remoción del material, se la realiza con la siguiente fórmula:

$$RRM = d * a * v \quad (1.7)$$

Donde:

d: es la profundidad de corte.

a: Ancho de corte.

v: Velocidad de avance.

Se puede calcular la fuerza de empuje, F_n teniendo en cuenta que, según datos experimentales en las publicaciones técnicas, es un 30% mayor que la fuerza de corte, F_c . En consecuencia⁸:

$$F_n = (1.3) * F_c \quad (1.8)$$

1.9 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL RECTIFICADO

En el rectificado o afilado, el aumento de la temperatura es una consideración importante, porque puede afectar en forma adversa las propiedades de la superficie y causar esfuerzos residuales en la pieza. Además, los gradientes de temperatura en la pieza causan distorsiones por diferencias en dilatación y contracción térmica.

⁸ KALPAKJIAN, SEPRE; Manufactura-Ingeniería y Tecnología, página 715

Cuando una parte del calor generado entra en la pieza expande la parte que se esté rectificando y se dificulta controlar la exactitud dimensional.

El aumento de temperatura superficial en el rectificado o afilado se relaciona con las variables de proceso con la siguiente ecuación:

$$\text{Aumento de temperatura} \propto D^{\frac{1}{4}} d^{3/4} \left(\frac{V}{v}\right)^{1/2} \quad (1.9)$$

Por consiguiente, la temperatura aumenta al incrementarse la profundidad de corte, el diámetro y la velocidad de la piedra y disminuye al aumentar la velocidad de la pieza.

Las temperaturas máximas durante el rectificado pueden llegar a 1600°C.

Sin embargo, el tiempo que se tarda en formar una viruta es extremadamente corto, del orden de microsegundos, por lo que la viruta se podrá fundir o no. Como las virutas se llevan gran parte del calor generado, sólo una fracción del calor producido por el rectificado o afilado pasa a la pieza.⁹

1.9.1 GRIETAS Y TENSIONES DE RECTIFICADO

La formación de grietas de rectificado puede explicarse del modo siguiente:

Casi toda la energía utilizada en el rectificado se convierte en calor, en parte por la pura fricción y en parte como resultado de la deformación del material. Si se ha elegido la muela de rectificado correcta, la mayor parte del calor va a eliminarse juntamente con la viruta, tan solo con una pequeña parte calentando la pieza de trabajo.

Un rectificado incorrecto de un acero templado puede resultar en una temperatura tan alta en la superficie rectificado que sea excedida la temperatura de revenido del material. Todo ello resultará en una pérdida de dureza en las superficies. Si se

⁹ KALPAKJIAN, SEPRE; Manufactura-Ingeniería y Tecnología, página 715

permite un aumento de la temperatura, puede alcanzarse la temperatura de temple, resultando en un nuevo temple.

La figura 1.16 muestra el perfil de dureza a través de la superficie de un acero para herramientas rectificado de forma incorrecta, de modo que se ha producido un nuevo temple.

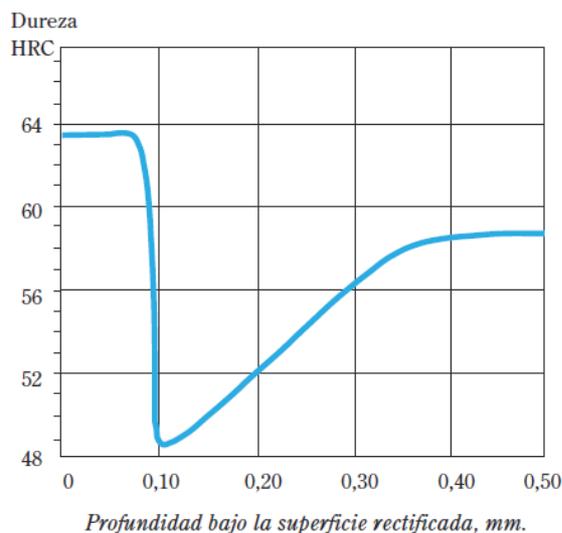


Figura 1.15 Perfil de dureza de una herramienta rectificada de forma incorrecta.

Fuente: axxocol.com/_Axxocol/_DwPortal/Documents/Rectificado.pdf

La superficie muestra una alta dureza debido a la martensita no revenida. Una zona sobre-revenida aparece justo debajo de la superficie, donde la dureza es inferior a la dureza base de la pieza de trabajo.

Un rectificado incorrecto, que conlleve una capa superficial modificada, se revela normalmente mediante señales de quemaduras – decoloración de la superficie rectificada. A fin de evitar las quemaduras y las grietas de rectificado, es necesario mantener baja la temperatura de la pieza a rectificar.

1.10 PROBLEMAS EN EL RECTIFICADO

Durante el rectificado se pueden presentar algunos problemas (tabla 1.7), para los cuales se sugiere una serie de posibles soluciones para solucionar los distintos problemas en el rectificado:

Tabla 1.7 Problemas en el rectificado

SÍNTOMA	REMEDIO
Marcas de picado	Comprobar el equilibrio de la muela
Acabado demasiado Basto	Utilizar un recubrimiento fino y lento Reducir velocidad de trabajo Utilizar una muela más fina Utilizar una muela más dura
Quemaduras, Grietas de rectificado	Utilizar revestimiento mas basto Asegurar que el refrigerante alcanza el punto de contacto Utilizar una muela mas blanda
Corta vida de la muela	Asegurar que la velocidad de corte es suficiente Reducir la profundidad de corte y el avance Utilizar una muela mas dura
Salpicadura en una superficie acabada	Comprobar la filtración del refrigerante Limpiar la protección de la muela

Fuente: axxecol.com/_Axxecol/_DwPortal/Documents/Rectificado.pdf

CAPÍTULO 2.

REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DEL DISEÑO

2.1 GENERALIDADES

La construcción de una rectificadora de cuchillas involucra un análisis de diferentes requerimientos y parámetros dentro de los más importantes están:

- Sujeción de las cuchillas.
- Movimientos de desplazamiento.
- Refrigeración durante el proceso de rectificado.
- Control de la rectificadora.

Un correcto análisis y selección de estos, asegurará que la máquina a construirse sea de las mejores condiciones.

2.2 SUJECIÓN DE LAS CUCHILLAS

Existen varios tipos de sujeción de cuchillas, la selección adecuada de este mecanismo permite que la operación de rectificado sea de la mejor manera dentro de los sistemas más utilizados podemos citar los descritos a continuación.

2.2.1 SUJECIÓN POR CAMPO MAGNÉTICO

En este tipo de sujeción del material, se realiza por las propiedades físicas del material, que en los metales el magnetismo es fuerte, en él se genera un campo magnético de polos inversos (imán) para que el momento que se active el magnetismo entre las dos partes se agarre con energía electromagnética de gran sujeción.

En la posición de funcionamiento las líneas de flujo magnético atraviesan la pieza y así la fijan al plato. En la posición de (desconectado) la placa superior cortocircuita las líneas de flujo y desaparece la fuerza de atracción entre la pieza y el plato, como se puede observar en la figura 2.1.

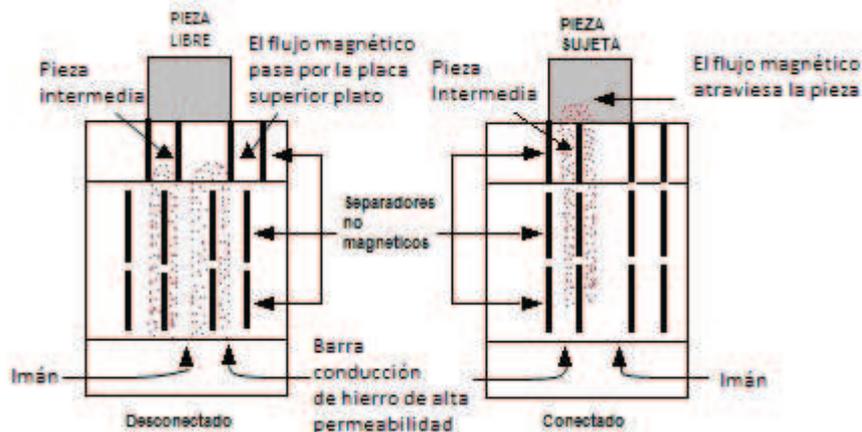


Figura 2.1 Fundamento del funcionamiento de los platos de imán permanente.

Fuente: Propia

Los platos magnéticos constituyen un excelente método de sujeción de la pieza cuando la fuerza no es demasiado alta. La fuerza de sujeción se reparte por toda la superficie de la pieza, las tensiones producidas por la inmovilización son bajas y, por tanto, la tendencia de la pieza a deformarse es escasa. En consecuencia es posible sujetar y rectificar las piezas con gran precisión. Otro aspecto destacado es que su utilización reduce el costo de los utillajes imprescindibles para amarrar la pieza a la máquina, puesto que eliminan la necesidad de bridas o elementos mecánicos de fijación.

2.2.2 FIJACIÓN POR MORDAZAS

Es una sujeción por sistemas mecánicos en el cuál se emplean dos o más muelas de fijación que comprimen el material al operar estos mecanismos pueden ser ajustados por sistemas: mecánicos de husillos, hidráulicos y neumáticos.

En este tipo de fijación encontramos una mandíbula móvil muy pesada, porque este dispositivo debe muchas veces posicionarse de modo que las fuerzas de

corte se dirijan hacia esa mandíbula. Las mordazas pueden girar e inmovilizarse en torno a un eje vertical.

Al sujetar la pieza en la mordaza de la rectificadora en la mordaza de la limadora hay que poner atención en que se asiente firmemente contra el fondo de la misma, o sobre prismas de montaje, para que no se flexione bajo la acción de la fuerza de corte, y en que quede bien sujeta sin que se deforme bajo la acción de la presión de sujeción¹⁰.

En la figura 2.2 se ilustra como emplear prismas para elevar la pieza hasta la altura correcta entre las mandíbulas de la mordaza y algunos procedimientos para inmovilizar piezas de forma accidentada e irregular.

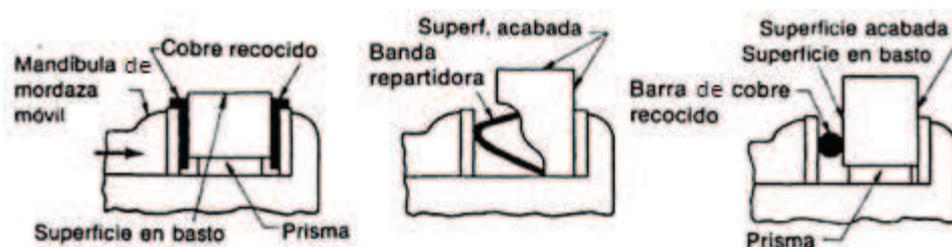


Figura 2.2 Procedimiento para sujetar la pieza de trabajo en la mordaza.

Fuente: DEGARMO PAUL; Materiales y Procesos de Fabricación, Editorial Reverte, Segunda Edición, página 653.

2.2.3 FIJACIÓN POR VACÍO

Como se especifica en la norma DIN 28400 un vacío se produce cuando la densidad del número de partículas de un gas es menor que la densidad del número de partículas de la atmósfera en la superficie terrestre, o dicho de otra forma la presión de un gas es menor que la presión atmosférica.

¹⁰ DEGARMO PAUL; Materiales y Procesos de Fabricación, Editorial Reverte, Segunda Edición, página 653.

La diferencia de presión entre el espacio evacuado debajo de una pieza y la presión atmosférica natural sobre la pieza la que utiliza un sistema de sujeción por vacío para sujetar piezas de trabajo.

Para este sistema de sujeción se utilizan sistemas neumáticos que mediante una cámara, una ventosa y una bomba de vacío provocan una fuerza de apriete sobre la superficie en el que se genera el vacío. Ver figura 2.3.

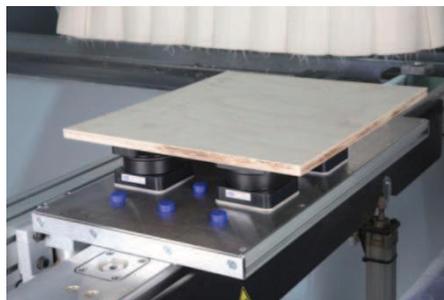


Figura 2.3 Fijación por vacío

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/press-g/fijacion-de-piezas-con-flexibilidad-xxl-P351630.jpg

2.3 MOVIMIENTOS DE DESPLAZAMIENTO

Para nuestro análisis consideraremos dos formas de desplazamiento; el primero realizado por muela y el segundo realizado por la herramienta.

2.3.1 DESPLAZAMIENTO REALIZADO POR LA MUELA.

El sistema mecánico de afilado tiene una muela que gira alrededor de su eje concéntrico y asociada a un motor eléctrico de forma directa. El motor se apoya sobre un soporte con guías que permiten desplazarse en el eje vertical para obtener la regulación de la muela sobre la herramienta. El desplazamiento de la muela en el eje longitudinal es realizado sobre unas guías que permiten un correcto deslizamiento en ambas direcciones. El ángulo de la herramienta es efectuada por una articulación que permite la rotación de la mesa.

2.3.2 DESPLAZAMIENTO REALIZADO POR LA HERRAMIENTA.

Esta opción consta de un sistema mecánico estático con respecto a la máquina, el portamuela no se desliza mantiene una posición fija. El ángulo de inclinación de la herramienta es efectuada por el portamuela de forma graduable. La operación de avance realiza la herramienta, apoyada sobre una mesa que se desliza sobre el bastidor que contiene unas guías.

2.4 REFRIGERACIÓN DURANTE EL RECTIFICADO¹¹

Uno de los parámetros importantes que se debe considerar al rectificar, al igual que en cualquier otra operación de corte, se utiliza un fluido de corte principalmente para:

- Enfriar la pieza de trabajo
- Actuar como lubricante y reducir el índice de fricción entre la viruta, la pieza de trabajo y la muela de rectificar.
- Eliminar las virutas de la zona de contacto.

Existen tres tipos principales de fluidos de corte que pueden utilizarse en las operaciones de rectificado:

- Soluciones acuosas
- Emulsiones.
- Aceites de corte.

2.4.1 SOLUCIONES ACUOSAS.

Estos son líquidos que consisten en agua con aditivos sintéticos, a fin de incrementar su rendimiento en humedad y prevenir la corrosión. Estos tipos de

¹¹ axxecol.com/_Axxecol/_DwPortal/Documents/Rectificado.pdf

fluido no contienen aceites y proporcionan una buena refrigeración pero por otro lado su rendimiento, en cuanto a lubricación, es más bien bajo.

2.4.2 EMULSIONES.

Estas consisten en agua con una mezcla de 2–5% de aceite distribuido de forma extremadamente uniforme. Aditivos de cloro o azufre pueden también ser utilizados, como aditivos EP.

2.4.3 ACEITES DE CORTE.

Estos están compuestos por una base de aceite mineral con aditivos tipo EP. Los aceites de corte proporcionan una lubricación efectiva, pero una pobre refrigeración.

Las soluciones acuosas son las más adecuadas al utilizar muelas de rectificar de diamante. Las emulsiones se utilizan hoy en día para la mayoría de las operaciones de rectificado, puesto que son ecológicas y tienen un rendimiento adecuado.

Los aceites de corte proporcionan los mejores resultados al realizar rectificadores de perfil y arranque con muelas de grano fino, por ejemplo al cortar rosca.

Los aceites de corte proporcionan también una mayor duración de las muelas de nitruro bórico con unión de resina, si bien normalmente se elige una emulsión de aceite por razones de reducción de polución.

2.5 CONTROL DEL PROCESO DE RECTIFICADO

El control automático estudia los modelos matemáticos de sistemas dinámicos, sus propiedades y el cómo modificar estas mediante el uso otro sistema dinámico llamado controlador. El control automático cumple un papel esencial en los

sistemas y proceso tecnológicos modernos. Las ventajas que presenta el control automático son mejor calidad, menor consumo de energía, minimización de desechos, mayores niveles de seguridad. Uno de los medios para controlar un sistema es la automatización eléctrica.

2.5.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO.

El control eléctrico es un sistema en el cual los elementos eléctricos y electrónicos que interactúan cumplen una o varias operaciones de acuerdo a las funciones de la máquina.

Los componentes principales del control eléctrico son:

- **SENSORES ELÉCTRICOS** (finales de carrera): Son dispositivos que establecen, detectan o censan parámetros de los sistemas físicos y envían esta información a un controlador.
- **CONTROLADOR ELÉCTRICO** (contactor): Es el cerebro que además de almacenar información, recibe información de los sensores, procesa información y envía órdenes a los actuadores para que accionen sobre el sistema en vista a lograr que este logre sus objetivos.
- **ACTUADORES ELÉCTRICOS** (motores eléctricos): Son dispositivos que reciben las órdenes por parte del controlador y accionan o actúan sobre un sistema para controlarlo.

2.5.2 AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA

La automatización eléctrica es un sistema diseñado como se indica en la figura 2.4, cuyo objetivo es aprovechar la capacidad de las máquinas en la realización de determinadas tareas, así como para controlar la secuencia de dichas operaciones.

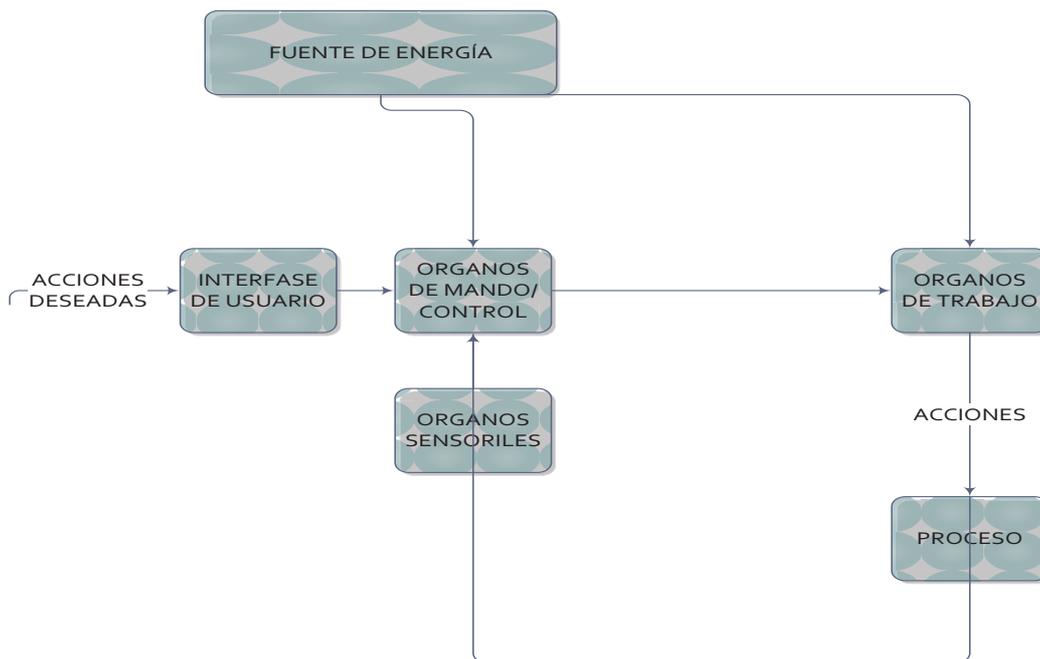


Figura 2.4 Sistema de Automatización Eléctrica

Fuente: Propia

Los sistemas de actuación eléctrica se basan en motores, actuadores electromagnéticos y otros, y el mando eléctrico son generalmente mediante relés.

2.6 CONTACTORES Y RELÉS AUXILIARES

El contactor está encuadrado como un elemento de control de potencia, en los sistemas automáticos eléctricos. Una propiedad que caracteriza al contactor es que produce una separación galvánica total entre el circuito que entrega la energía eléctrica y el que la recibe, esto le diferencia con los recientes contactores electrónicos, en los que siempre existe una pequeña corriente.

Mediante el contactor podemos gobernar potencias de valores muy elevados. Lo que no permite es la regulación de valores intermedios, la corriente circula o no, por el circuito sin zonas intermedias de funcionamiento.

2.6.1 SIMBOLOGÍA Y REFERENCIADO

La figura 2.5 y figura 2.6 muestra la simbología y forma del contactor.

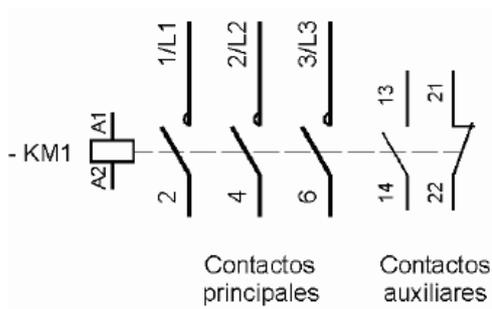


Figura 2.5 Contactor Tripolar

Fuente: Propia



Figura 2.6 Modelo de contactores Siemens

Fuente: Siemens

2.6.2 CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.

El contactor consta de los siguientes elementos:

2.6.2.1 Electroimán

Es el elemento motor del contactor, está compuesto por un electroimán (formado por un circuito magnético y una bobina). Ver figura 2.7.

La bobina produce el flujo magnético necesario para la atracción de la armadura móvil del electroimán, esta es solidaria con los polos principales móviles del contactor, con lo que estos son arrastrados y contactan con los polos principales fijos del contactor, en este momento la resistencia entre los contactos fijos y los

móviles es nula y pasa la corriente sin dificultad. Esquema simplificado del núcleo magnético y los contactos principales de un contactor.

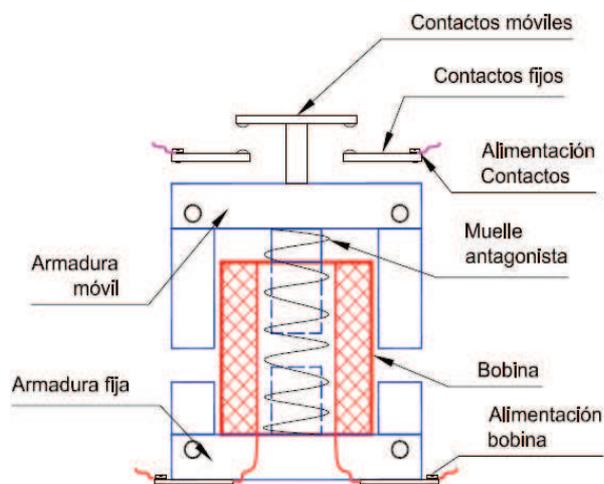


Figura 2.7 Electroimán

Fuente: Propia

2.6.2.2 Polos del contactor

Son los encargados de establecer o interrumpir la corriente en el circuito de potencia. Tienen que estar dimensionados para permitir el paso de la corriente nominal del contactor en servicio continuo sin calentamiento anormal.

2.6.2.3 Contactos auxiliares

Se utilizan para la auto-alimentación del propio contactor, también para el mando, enclavamiento y señalización de un sistema de automatismos.

2.6.3 CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR

- Abre y cierra corrientes de elevado valor mediante corrientes de pequeño valor.
- Puede funcionar de una forma continua o intermitente.

- Puede o da opción al mando a distancia con conductores de pequeña sección en grandes potencias, según cómo dispongamos los elementos de mando.
- Es robusto y fiable.
- Protege al receptor ante las caídas de tensión.
- Mediante el contactor se pueden realizar circuitos simples o muy complejos.
- Utilizando los contactos auxiliares, se pueden realizar los circuitos y combinaciones, tan complejos como se quiera, aunque para circuitos de gran complejidad se utilizan otros sistemas como autómatas que controlan a su vez los contactores de potencia.

2.6.4 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte. Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido. Por la categoría de empleo.

Existen tres consideraciones importantes que debemos tener en cuenta en cuanto a la elección y características de los contactores:

- Poder de cierre: Valor de la corriente independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro que sus contactos se suelden.

- Poder de corte: Valor de la corriente que el contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apaga-chispas. La corriente será menor cuanto más grande sea la tensión del circuito de potencia.
- Intensidad de servicio: El valor de la intensidad permanente que circula por sus contactos principales.

Toda la información necesaria se encuentra en la placa de características del contactor que normalmente se encuentra en uno de los laterales del mismo, en caso de duda, consultar las especificaciones técnicas en un catálogo del fabricante.

2.7 VARIADOR DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el par de fuerzas de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad.
- Regulación sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.
- Mecánica delicada.

Los variadores de velocidad están preparados para trabajar con motores trifásicos asincrónicos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red.

A tensión y frecuencia de placa del motor se comporta de acuerdo al gráfico siguiente. Ver figura 2.8.

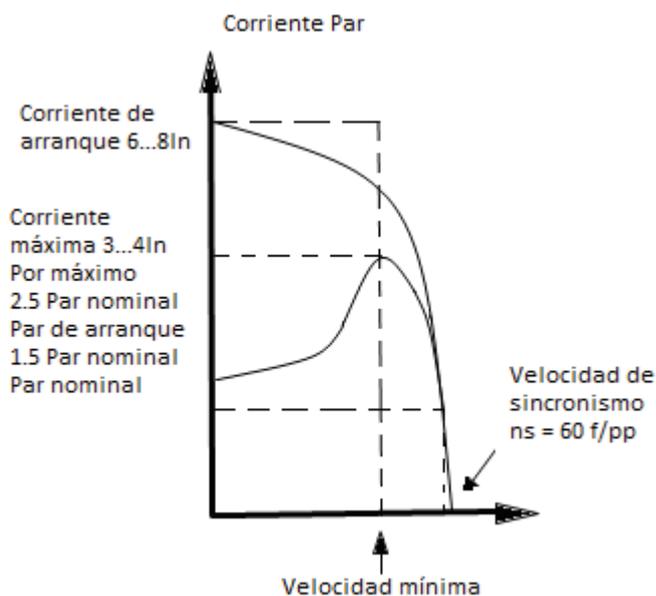


Figura 2.8 Corriente vs Velocidad

Fuente: Propia

El dimensionamiento del motor debe ser tal que el par de fuerzas resistente de la carga no supere el par de fuerzas nominal del motor y que la diferencia entre una y otra provea el par de fuerzas acelerante y desacelerante suficiente para cumplir los tiempos de arranque y parada.

2.7.1 SELECCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD

Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de carga: Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.

- Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada del motor.
- Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación multi-motor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.
- Consideraciones de la red: Micro-interrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.
- Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobre-temperatura y/o sobrecarga, contactor de aislación, bypass, re-arranque automático, control automático de la velocidad.
- Aplicaciones especiales: Compatibilidad electromagnética, ruido audible del motor, bombeo, ventiladores y sopladores, izaje, motores en paralelo, etc.

CAPÍTULO 3.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

3.1 CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

El diseño a proponerse en el presente proyecto de titulación, tiene como propósito satisfacer los requerimientos de la empresa CONFITECA C.A cuyos productos principales son confites.

Por aquello se estudió la factibilidad de reducir el paro de producción por la rapidez de solucionar el inconveniente que ocurre al momento que pierden el filo las cuchillas; en el cuál el área de mantenimiento tiene la responsabilidad de minimizar estos tiempos por lo que se optó por la fabricación de una máquina que regenere el filo de corte de dichas cuchillas; cuyo trabajo principal es el rectificado de cuchillas que son usadas en la producción; específicamente en el embalaje de los confites elaborados.

3.2 LA CASA DE LA CALIDAD ¹²

Las especificaciones técnicas de la máquina son determinadas por medio de la casa de la calidad, que es una herramienta del QFD (Qualityfunctiondeployment) cuyo fin principal es el de originar los requerimientos y deseos del cliente en el producto y permitir la planificación de la calidad durante todo el ciclo de vida.

Para elaborar la casa de la calidad se requiere en primer lugar, conocer la voz del cliente, mediante la cual este manifiesta sus requerimientos y deseos del producto; luego estos son traducidos, por medio del criterio del ingeniero, en requerimientos técnicos. Finalmente estos requerimientos técnicos son evaluados para determinar aquellos de mayor importancia.

¹² RIBA, CARLES; Diseño Concurrente; Ediciones UPC; España 2002

3.2.1 VOZ DEL USUARIO

De acuerdo al criterio del usuario, la máquina debe contar con las siguientes características: Que la capacidad de rectificado sea de 800 mm de longitud de la cuchilla más larga.

- Que permita rectificar cuchillas de acero rápido y carburo de tungsteno (widia).
- Que las cuchillas tengan un filo adecuado.
- Que su mantenimiento sea fácil.
- Que su operación sea fácil.
- Que funcione con energía eléctrica.
- Que se refrigere constantemente la muela.
- Que sea de avance automático.
- Que sea robusto.
- Que tenga adecuadas revoluciones de la muela.
- Que sea segura y fiable.

3.2.2 VOZ DEL INGENIERO

Una vez conocidos los requerimientos y deseos del usuario, se procede a trasladar a especificaciones o características técnicas:

- Velocidad periférica o de corte.
- Velocidad de avance.
- Profundidad de pasada.
- Refrigeración.
- Longitud de trabajo.
- Ángulo de la cuchilla.
- Acabado superficial.
- Tipo de cuchilla y material.
- Dureza del material.

- Energía de abastecimiento de la máquina.
- Sujeción del material.
- Rigidez.
- Fiabilidad.

3.2.3 RESULTADOS

La casa de la calidad, mostrada en el anexo I, fue elaborada según el procedimiento propuesto por Carles Riba en su texto de Diseño Concurrente.

Sin embargo se ha debido hacer unas pequeñas consideraciones y modificaciones con el propósito de adecuar el proyecto. En primer lugar, en la columna A, en la que se evalúa el grado de cumplimiento actual de la rectificadora tangencial en la empresa se ha colocado una calificación de acorde a lo que se estima de acuerdo a la necesidad de la empresa. En segundo lugar, la calificación de la competencia 1 y 2 se ha llevado a cabo en base a las empresas FAMA y EYDO en la que ponen en consideración los parámetros de mayor importancia en sus productos.

3.2.4 CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad nos proporcionó valiosa información acerca de las características técnicas que satisfacen en mayor medida las demandas del cliente. Así que los requerimientos técnicos más importantes son:

- **Velocidad Periférica o Corte**

La velocidad periférica es altamente dependiente del tamaño de la muela y de las revoluciones del motor que lleguen a la muela, también al acabado que se puede dar a la superficie del material a rectificar y muy negativo en relación a las vibraciones.

- **Velocidad de avance**

La velocidad de avance es altamente dependiente de la velocidad periférica; así como depende de la profundidad de pasada y al acabado superficial que se le desee dar al material.

- **Profundidad de Pasada**

Es altamente dependiente de la velocidad periférica y de avance; así como del tipo de material de la cuchilla y de la muela.

- **Sujeción del Material**

Es muy negativa en función de la longitud de la cuchilla debido a que entre más extensa sea la superficie a rectificar más complicado va ser la sujeción de la pieza; también tiene relación con la rigidez de la máquina ya que aumenta en volumen y en peso.

La potencia del motor es un parámetro importante para la disminución del tiempo de recarga, así como para obtener la presión necesaria.

- **Vibraciones**

Las vibraciones son un parámetro muy importante que vincula el correcto afilado de la cuchilla, debido a que si estas son demasiado grandes afectan directamente el acabado superficial y no se logra obtener el adecuado filo, por consiguiente el terminado que se requiere para cortar los diferentes materiales con dichas cuchillas.

- **Refrigeración y Lubricación.**

La refrigeración tiene una alta importancia en el calentamiento de muela-cuchilla, y para un correcto funcionamiento de la máquina para evitar pérdida de potencia y posible rotura de la muela.

3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En consecuencia de la casa de la calidad se han establecido las especificaciones técnicas de la máquina, las que están enunciadas en la tabla 3.1, con el formato establecido en la referencia.

Tabla 3.1 Especificaciones del diseño

Empresa cliente: CONFITECA C.A		Producto: Máquina Semiautomática para rectificar cuchillas para cortar papel, cartón y plástico.		Fecha inicial:01/06/2012 Última revisión:01/09/2012
Diseñadores: David Claudio Darío Segarra				Página 1
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		C	R	Máquina para rectificar cuchillas rectas y de forma tipo tijera.
		C	R	Rectificado máximo de 800 mm de longitud de la cuchilla más larga.
Velocidades y profundidad		D	R	Velocidad periférica de la muela de hasta 10 000 RPM.
		D	R	Velocidad de avance Automático en [m/min] según el tipo y dureza del material.
		D	R	Profundidad de pasada hasta de 0.001 [mm].
Refrigeración y lubricación		C	R	Refrigeración constante de la muela-cuchilla.

.../

Tabla 3.1 Especificaciones de diseño (Continuación)

Automatización		C	R	El proceso de afilado de la cuchilla automático en el avance longitudinal. La máquina debe funcionar con un 1 operario máximo 2.
Energía		C	R	Energía eléctrica.
Mantenimiento		M	R	De fácil montaje.
Operación		C+M	R	De fácil manejabilidad.
Dimensiones		D	R	Mesa de 200 x 400 [mm].
Movimientos		I	R	Cuatro movimientos tres de traslación y un rotacional para el ángulo del filo de la cuchilla.
Materiales		C+M	R	Muelas para materiales de acero rápido y carburo de tungsteno.
Vida útil		C+I	D	10 años; Fiabilidad de 99%.
Aspectos legales		C	R	Norma INEN.

Propone: Cliente=C; Diseño=D; Mantenimiento= M
R/D: Requerimiento=R; Deseo=D

Fuente: Propia

3.4 DEFINICIÓN Y DISEÑO CONCEPTUAL

3.4.1 DEFINICIÓN DEL ANÁLISIS FUNCIONAL¹³

El análisis funcional es una técnica propuesta por el ingeniero estadounidense Lawrence D. Miles, cuyo propósito es el de separar la acción que se efectúa del componente o mecanismo, para de este modo buscar nuevas soluciones a un mismo problema. El análisis funcional logra obtener mejores productos a un menor costo.

¹³ LAWRENCE D. MILES; Techniques of ValueAnalysis and Engineering; Lawrence D. Miles ValueFoundation; TrirdEdition; 1989 USA.

Para aplicar esta herramienta de diseño, es necesario establecer claramente las funciones primarias y secundarias del producto. Las funciones primarias; son aquellas por las que el cliente compra el producto que en este caso es la de afilar filos de cuchillas de corte. Las funciones secundarias; son aquellas que permiten que la función primaria se ejecute satisfactoriamente y son las que mediante este análisis se determinan.

Una vez establecidas todas las funciones secundarias se procede a plantear soluciones aptas para desempeñar estas funciones para luego seleccionar aquellas más convenientes. Estas funciones pueden ser agrupadas con el fin de obtener módulos que sean capaces de cumplir un conjunto de funciones secundarias, obteniéndose así un diseño modular.

La descomposición funcional del producto se lleva a cabo mediante diagramas de flujo en los cuales cada recuadro aparece cada función, que puede tener tres tipos de entradas y salidas: control, material y energía. Los diagramas de flujo se presentan en diferentes niveles, comenzando con el nivel 0 o función global, y continuando hasta el nivel que se estime conveniente.

3.4.2 DESARROLLO DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES

Los diagramas funcionales se muestran en el ANEXO II.

3.4.3 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES

Se ha estimado conveniente desarrollar el diagrama funcional hasta el nivel 2 ya que en este caso, al desarrollar dicho nivel se aumenta un despliegue que conducirá a establecer determinación de las soluciones en el control de la máquina.

En el nivel 0, como ya se explicó, se presenta la función global o primaria, que en este caso es la de rectificar o afilar filos de cuchillas. Evidentemente, para que la máquina cumpla su función se requieren de materiales, energía y señales de control generados por los operarios.

El nivel 1 resulta de la obtención de rectificar a partir de mecanismos que permitan obtener este objetivo. Sin embargo, en el diagrama además se toma en cuenta la refrigeración de la muela-cuchilla. También como activar un sistema de control que permita un avance automático de la cuchilla en el rectificado.

En el nivel 2 que aparece se desglosa en una acción del nivel anterior que no se especificó, pero que es de gran importancia para el funcionamiento de la máquina. Así, en el diagrama aparece una función que es la de controlar el sistema. Es para que el avance sea automático, regulable y a velocidad constante.

3.4.4 DEFINICIÓN DE MÓDULOS

La modularidad consiste en dividir al producto en varios bloques (módulos) funcionales o constructivos. El diseño de productos tomando en cuenta la modularidad se obtiene los siguientes beneficios:

- Reducción de costos.
- Facilidad de mantenimiento.
- Ampliación de la gama del producto.
- Facilidad de producción.
- Facilidad de operación.

Debido a que dentro del proceso de rectificar cuchillas se cumplen varias funciones, resulta conveniente llevar a cabo la división modular. Para esto se analiza cuidadosamente los diagramas funcionales para establecer la división modular más apropiada tomando en cuenta las interfaces de los flujos energéticos, material y de señal.

Al estudiar el diagrama se pueden establecer cuatro conjuntos principales de funciones:

- La sujeción de la cuchilla y movimientos de desplazamiento; que va desde la función “fijación de la cuchilla” hasta “el avance de corte de la muela-cuchilla”.
- Refrigeración. Es la refrigeración constante de la cuchilla-muela.
- Movimiento de corte de la muela. Que es la rotación a RPM de la muela.
- Control. Es el control de la máquina de una manera precisa y adecuada.

El primero es de fijar la cuchilla, de poner a punto y de avanzar el corte a lo largo del filo de la cuchilla. El segundo es el movimiento rotacional de la muela a RPM adecuadas para el corte entre la muela y el material. El tercero es de refrigerar el corte entre la muela-cuchilla. El cuarto es de controlar el sistema de la máquina en toda la operación de afilado.

Se considera que existe independencia entre los cuatro conjuntos ya que solamente existe una o dos interrelaciones entre estos.

A continuación se prosigue con la subdivisión de estos dos conjuntos para establecer los módulos.

3.4.4.1 División modular del primer conjunto

Al observar el diagrama funcional (figura 3.1), se tiene que este primer conjunto cumple cuatro funciones principales fácilmente identificables: fijar la cuchilla cortar el material, refrigerar y controlar el sistema.

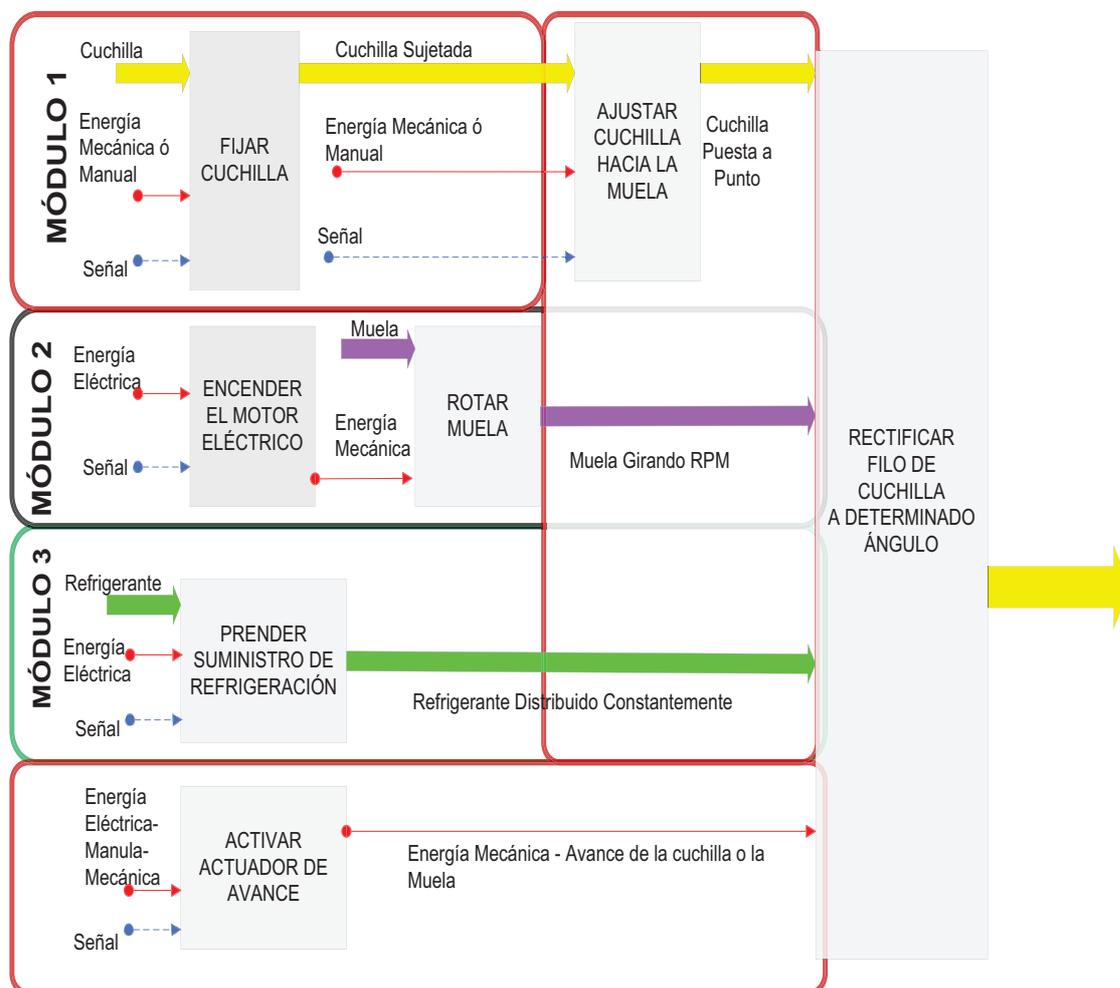


Figura 3.1 División modular del primer conjunto

Fuente: Propia

3.4.4.2 División modular del segundo conjunto

Al observar el diagrama funcional (figura 3.2), se tiene que este segundo conjunto cumple una función principal: controlar el sistema.

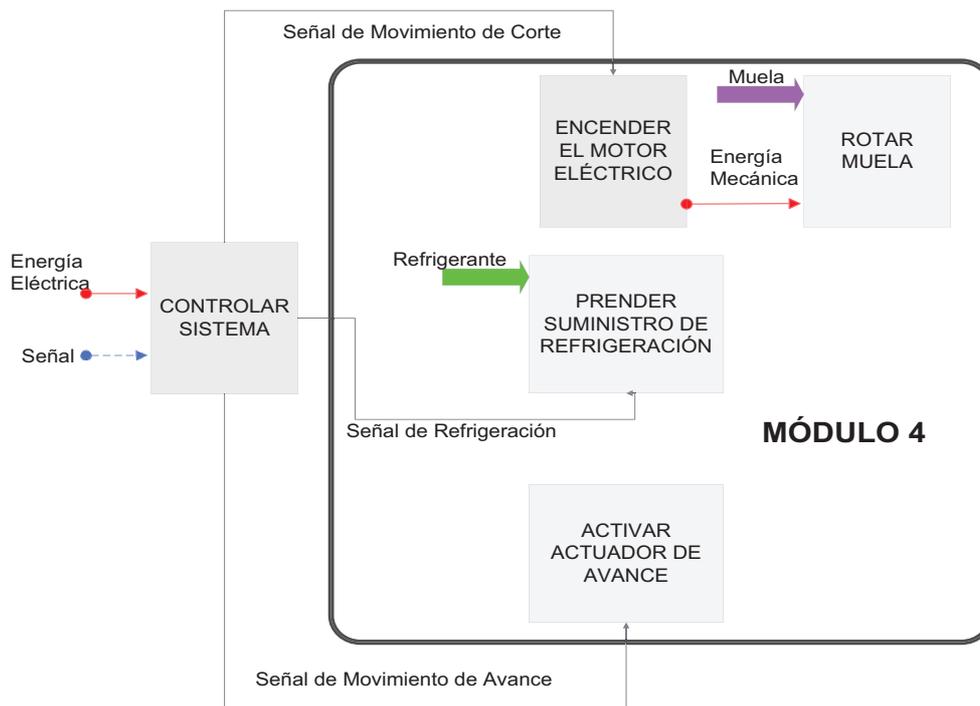


Figura 3.2 División modular del segundo conjunto

Fuente: Propia

3.5 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO

3.5.1 MÓDULO 1 FIJAR LA CUCHILLA

Este módulo cumple la siguiente función:

- Fijar la cuchilla

A continuación se proponen posibles soluciones para esta función y así establecer diferentes opciones de módulos.

3.5.1.1 Fijar la Herramienta

Existen varios métodos de sujeción de piezas que operan en función de fundamentos diferentes los cuales se indican a continuación:

3.5.1.1.1 Fijación por campo magnético

En este tipo de sujeción del material, se realiza por las propiedades físicas del material, ya que en los metales el magnetismo es fuerte, en él se genera un campo magnético de polos inversos (imán) para que al momento que se active el magnetismo entre las dos partes se agarre con energía electromagnética de gran sujeción. Ver figura 3.3.

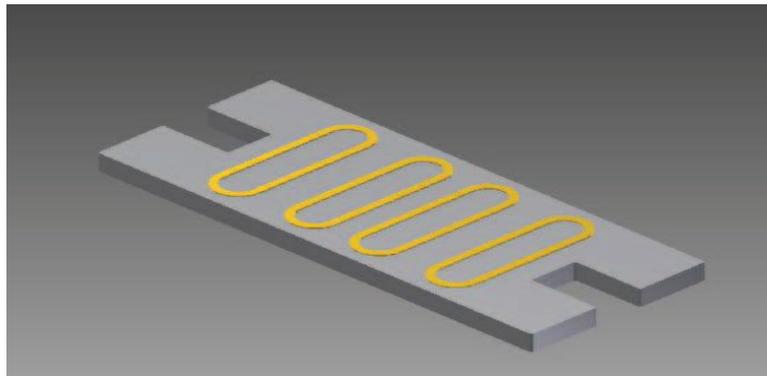


Figura 3.3 Fijación por campo magnético

Fuente: Propia

Ventajas:

- Máxima fiabilidad de funcionamiento.
- Reducción de costos en utillajes y en tiempo de preparación de máquina.
- Montaje fácil de la pieza.
- Mecanizado de varias piezas a la vez.
- Sujeción de piezas de diversas formas con un apriete uniforme en toda la superficie (sin deformaciones).
- Las caras de la pieza totalmente libres para todas las operaciones de mecanizado, en una sola posición.
- Mayor precisión en el mecanizado.
- Aumento de productividad.
- Ahorro de energía.

Desventajas:

- Costo.
- Mantenimiento complejo.

3.5.1.1.2 Fijación por mordazas

Es una sujeción por sistemas mecánicos en el cuál se emplean dos o más muelas de fijación que comprimen el material al operar estos mecanismos pueden ser ajustados por sistemas: mecánicos de husillos, hidráulicos y neumáticos. Ver figura 3.4.

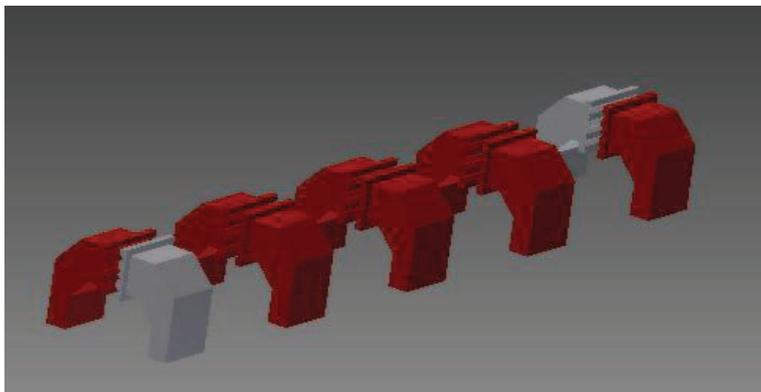


Figura 3.4 Fijación por mordazas

Fuente: Propia

Ventajas:

- Costo relativamente bajo.
- Mecanizado de una sola pieza si es una mordaza.
- Mantenimiento fácil.

Desventajas:

- Pérdida de tiempo en preparación de máquina.
- Montaje para sujeción de la pieza.
- Piezas con deformación.

- Uso de dos caras de la pieza en una sola posición, evita mayor cantidad de operaciones de la pieza.
- Elevada fuerza de apriete al menos en dos puntos provocando tensiones en la pieza.
- Baja productividad.

3.5.1.1.3 Fijación por vacío

Es una sujeción por sistemas neumáticos que mediante una cámara, una ventosa y una bomba de vacío provocan una fuerza de apriete sobre la superficie en el que se genera el vacío. Ver figura 3.5.

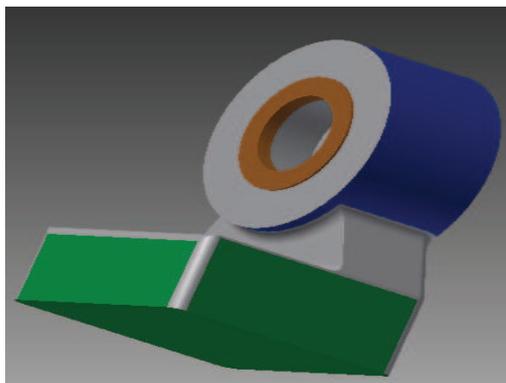


Figura 3.5 Fijación por vacío

Fuente: Propia

Ventajas:

- Económico.
- Alta productividad.
- Rotación de hasta 360 ° e inclinar hasta 90 °.
- Máxima fiabilidad de funcionamiento.
- Reducción de costos en utillajes y en tiempo de preparación de máquina.
- Montaje fácil de la pieza.
- Sujeción de piezas de diversas formas con un apriete uniforme en toda la superficie (sin deformaciones).

- Las caras de la pieza totalmente libres para todas las operaciones de mecanizado, en una sola posición.
- Mayor precisión en el mecanizado.
- Aumento de productividad.
- Ahorro de energía.

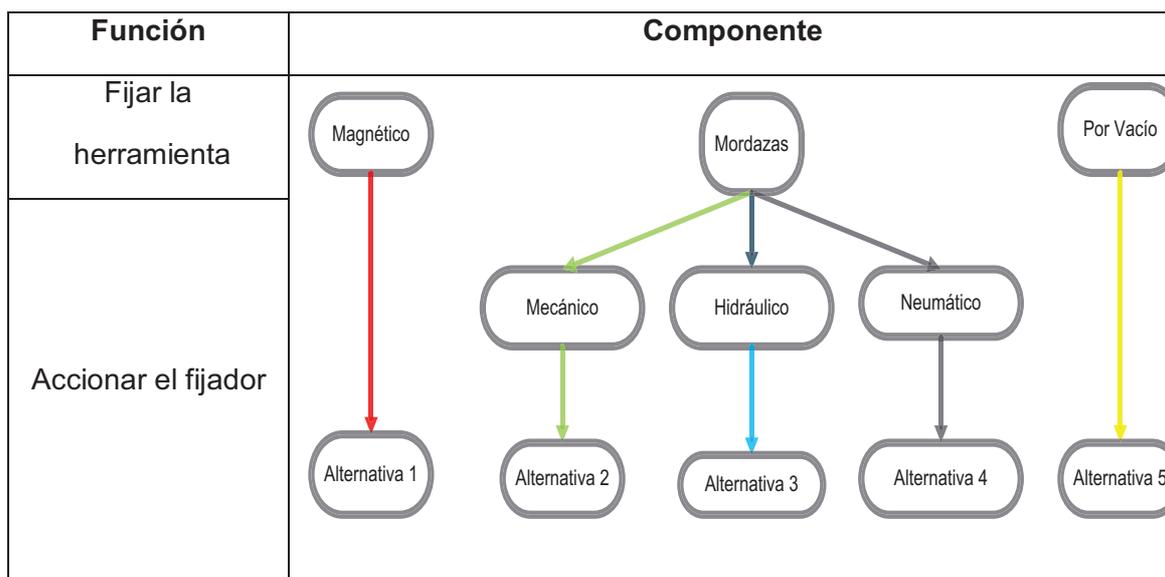
Desventajas:

- Baja fuerza de apriete es decir para pequeñas piezas hasta 30 kg.
- Mecanizado de una pieza a la vez al menos que se aumente las unidades de vacío.

3.5.1.2 Alternativas de módulos 1.

Para determinar diferentes alternativas de módulos se combinan entre sí las soluciones para cada función, como se muestra en la tabla 3.2. Es importante recalcar que no es conveniente realizar todas las combinaciones, sino aquellas cuyos componentes sean compatibles entre sí:

Tabla 3.2 Alternativas de módulos 1



Fuente: Propia

3.5.1.3 Evaluación y selección de los módulos.

Con la finalidad de obtener una sujeción apta para la máquina que resulte la más adecuada para su empleo, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados⁶; en el cual se toma en cuenta factores decisivos que influyen directamente a la construcción final del prototipo.

Se listan a continuación los criterios de valoración más determinantes:

3.5.1.3.1 Costo.

Es un factor económico de gran influencia en el diseño de la máquina, ya que de él influye que se logre obtener todos los requerimientos de la máquina.

3.5.1.3.2 Fiabilidad.

La máquina debe ser construida de acuerdo a los requerimientos de la empresa con una seguridad en la sujeción durante la operación.

3.5.1.3.3 Mantenimiento.

Es un factor importante porque influye en el adecuado funcionamiento de la máquina.

3.5.1.3.4 Montaje

Debe ser rápido para evitar contra tiempos en la preparación de la máquina.

Sistema de calificación.

Para la selección de la alternativa correcta que cumpla con los objetivos y requerimientos de la máquina a diseñar.

Este método se fundamenta en la relación de criterios entre las alternativas ponderándose de la siguiente manera:

- 1 Si el criterio o solución de las filas es superior (o mejor, >) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio o solución de las filas es equivalente (igual, =) al de las columnas
- 0 Si el criterio o solución de las filas es inferior (o peor, <) que el de las columnas.

A continuación se realiza la valoración de cada criterio en relación a los otros criterios, se le añade una unidad para que las soluciones no sean nulas.

Los criterios más determinantes de valoración que se consideraron más importantes se los presenta en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Evaluación de cada criterio

Criterio	Costo	Fiabilidad	Mantenimiento	Montaje	Suma +1	Ponderación
Costo		0,5	1	1	3,5	0,35
Fiabilidad	0,5		1	1	3,5	0,35
Mantenimiento	0	0		0,5	1,5	0,15
Montaje	0	0	0,5		1,5	0,15
					10	1

Fiabilidad=Costo>Montaje=Mantenimiento

Fuente: Propia

A continuación se evalúa las soluciones con respecto al costo. Ver tabla 3.4.

Tabla 3.4 Evaluación de las soluciones respecto al costo

Costo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5	Suma +1	Ponderación
Solución 1		0	0	0	0	1	0,067
Solución 2	1		1	1	1	5	0,333
Solución 3	1	0		0,5	0	2,5	0,167
Solución 4	1	0	0,5		0	2,5	0,167
Solución 5	1	0	1	1		4	0,267
						15	1

Solución 2>Solución 5>Solución 4=Solución 3>Solución 1

Fuente: Propia

La tabla 3.5 muestra la evaluación de las soluciones con respecto a la fiabilidad.

Tabla 3.5 Evaluación de las soluciones respecto a fiabilidad

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5	Suma +1	Ponderación
Solución 1		0,5	0,5	1	1	4	0,27
Solución 2	0,5		0,5	1	1	4	0,27
Solución 3	0,5	0,5		1	1	4	0,27
Solución 4	0	0	0		1	2	0,13
Solución 5	0	0	0	0		1	0,07
						15	1

Solución 1=Solución 2=Solución 3>Solución 4>Solución 5

Fuente: Propia

La tabla 3.6 muestra la evaluación de las soluciones con respecto al mantenimiento.

Tabla 3.6 Evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4	Solución 5	Suma +1	Pond
Solución 1		0	0	0	0,5	1,5	0,10
Solución 2	1		1	1	1	5	0,33
Solución 3	1	0		0,5	1	3,5	0,23
Solución 4	1	0	0,5		1	3,5	0,23
Solución 5	0,5	0	0	0		1,5	0,10
						15	1

Solución 2>Solución 3=Solución 4>Solución 1=Solución 5

Fuente: Propia

Cómo indica la tabla 3.7 de conclusiones, la solución más apta para este tipo de función es la solución 2 (fijación por mordazas).

Tabla 3.7 Tabla de conclusiones para el módulo 1

Conclusión	Costo	Fiabilidad	Mantenimiento	Montaje	Suma	Prioridad
Solución 1	0,023	0,093	0,015	0,010	0,14	5
Solución 2	0,116	0,093	0,05	0,064	0,32	1
Solución 3	0,058	0,093	0,035	0,010	0,19	2
Solución 4	0,058	0,046	0,035	0,032	0,17	3
Solución 5	0,093	0,023	0,015	0,032	0,16	4

Fuente: Propia

3.5.2 MÓDULO 2 AVANCE DE CORTE

Este módulo cumple las siguientes funciones:

- Girar la muela a una velocidad angular.
- Inclinar la herramienta o el cabezal al ángulo de afilado.
- Avanzar la herramienta o la muela para el corte.
- Refrigerar la muela-herramienta.

A continuación se proponen posibles soluciones para cada una de estas funciones para luego combinarlas y establecer diferentes opciones de módulos.

- Avance de corte que realiza la muela.
- Avance de corte que realiza la herramienta.

3.5.2.1 Avance de corte lo realiza la muela.

El sistema mecánico de afilado tiene una muela que gira alrededor de su eje concéntrico y asociada a un motor eléctrico de forma directa. El motor se apoya sobre un soporte con guías que permiten desplazarse en el eje vertical para obtener la regulación de la muela sobre la herramienta. El desplazamiento de la muela en el eje longitudinal es realizado sobre unas guías que permiten un correcto deslizamiento en ambas direcciones como se indica en la figura 3.6. El ángulo de la herramienta es efectuada por una articulación que permite la rotación de la mesa. Ver figura 3.7.

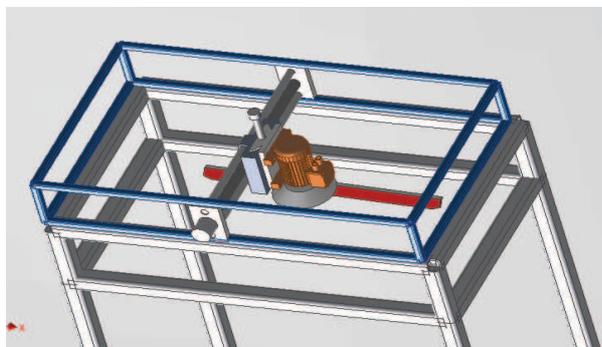


Figura 3.6 Esquema del movimiento realizado por la muela

Fuente: Propia

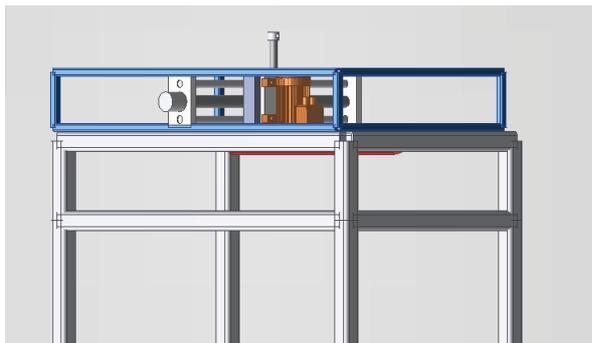


Figura 3.7 Esquema frontal del movimiento de la muela

Fuente: Propia

Ventajas:

- Fácil operación.
- Fácil montaje del equipo.
- Fácil montaje y desmontaje de la herramienta a afilar.
- Buena rigidez.
- Versatilidad del equipo.
- Menor cantidad elementos mecánicos a construir.
- Alta fiabilidad de rigidez del sistema mecánico.
- Costo bajo.
- Espacio menor de ocupación.
- Desplazamiento manual, semiautomático o automático.

Desventajas:

- Lubricación continúa por el rozamiento en los elementos mecánicos conjugados.
- Peso del motor.
- Longitud de las guías longitudinales.

3.5.2.2 Avance de corte que realiza la herramienta.

Esta opción consta de un sistema mecánico estático con respecto a la máquina, el porta-muela no se desplaza mantiene una posición fija como se indica en la figura

3.8. El ángulo de inclinación de la herramienta es efectuada por el porta-muela de forma graduable. La operación de avance realiza la herramienta, apoyada sobre una mesa que se desliza sobre el bastidor que contiene unas guías.

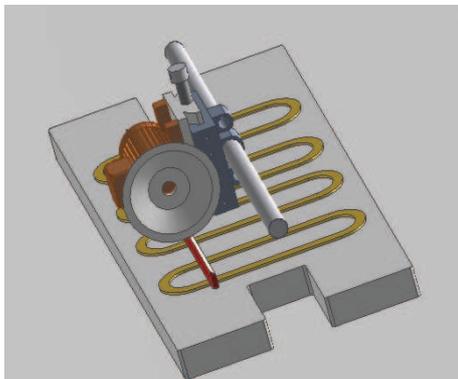


Figura 3.8 Esquema del movimiento realizado por la herramienta

Fuente: Propia

Ventajas:

- Movimiento de vaivén de la mesa.
- Aplicable para otras operaciones de rectificado o de afilado.
- Puesta a punto de manera rápida.
- No opera con mano de obra especializada.

Desventajas:

- Costo elevado.
- Espacio físico con mayor área.
- El desplazamiento de la mesa puede ser accionada por sistemas mecánicos.
- Mayor peso de la máquina.
- Pérdida de rigidez.
- Montaje y desmontaje dificultoso.
- Mayor tiempo de operación.

3.5.2.3 Efectuar ángulo de afilado.

Existen dos maneras de obtener el ángulo de afilado de la herramienta que se indican a continuación:

3.5.2.3.1 Rotación de la muela.

En este tipo de mecanismo la muela gira alrededor del eje de corte con respecto a las superficies en contacto.

Ventajas:

- Costo.
- Flexibilidad.
- Rigidez.

Desventajas:

- Desgaste

3.5.2.3.2 Rotación de la herramienta.

En este tipo de mecanismo la herramienta gira alrededor del eje de corte mediante una articulación de la mesa.

Ventajas:

- Robustez.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil Operación.

Desventajas:

- Costo.
- Flexibilidad.
- Rigidez.

3.5.2.4 Refrigerar muela-herramienta.

La manera más correcta de mantener una refrigeración y lubricación constante de la muela-herramienta es mediante una bomba de aletas. Con un fluido que proviene de la mezcla de agua con aceite (taladrina) con un depósito para el almacenamiento y distribución del fluido a lo largo del circuito OLE hidráulico.

3.5.2.5 Alternativas de módulos 2.

Para determinar diferentes alternativas de módulos se combinan entre sí las soluciones para cada función, como se muestra en la tabla 3.8. Es importante recalcar que no es conveniente realizar todas las combinaciones, sino aquellas cuyos componentes sean compatibles entre sí:

Tabla 3.8 Alternativa de módulos 2.

Función	Componente	
Ajustar la Herramienta hacia la muela	Desplazamiento de la Muela	Desplazamiento de la Herramienta
Obtener ángulo de filo de la herramienta	Inclinar la Herramienta	Inclinar la Muela
Rotar la Muela		
Refrigerar	Bomba de Refrigeración	

Fuente: Propia

3.5.2.6 Evaluación y selección de los módulos.

Con la finalidad de obtener una óptima máquina que resulte la más adecuada para su empleo, se usa el método ordinal corregido de criterios ponderados⁶. En el cuál se toma en cuenta factores decisivos que influyen directamente a la construcción final del prototipo.

Se listan a continuación los criterios de valoración más determinantes:

3.5.2.6.1 *Facilidad de construcción y montaje.*

Mecanismo de funcionamiento no complicado, para un fácil mantenimiento y construcción de los elementos constitutivos de la máquina.

Aspectos fundamentales:

La unificación: Consiste en el uso frecuente de elementos constitutivos en la construcción de la máquina, esto permite disminuir nomenclatura de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos de una máquina; además reduce los costos de fabricación. Nos permite también reducir la nomenclatura de las herramientas de trabajo, medición y corte empleados en la construcción y montaje de la máquina.

La normalización: Es de gran importancia debido a que rige normas de construcción y dimensionamiento de los elementos constitutivos de la máquina, lo que beneficia en la construcción y montaje de la máquina

3.5.2.6.2 *Facilidad de operación.*

La máquina debe permitir una operación de trabajo para una persona que tenga un conocimiento básico en el uso de máquinas herramientas.

3.5.2.6.3 Capacidad de operación.

La máquina debe ser construida de acuerdo a los requerimientos de la empresa y con una capacidad de producción óptima.

3.5.2.6.4 Mantenimiento.

Es un factor importante porque influye en el adecuado funcionamiento de la máquina. Debido a que si los elementos mecánicos conjugados se desgastan o falla la máquina no operaría en las condiciones de trabajo adecuadas.

3.5.2.6.5 Alta fiabilidad.

La máquina debe ser fiable para evitar imprevistos en la operación.

3.5.2.6.6 Costo.

Es un factor económico es de gran influencia en el diseño de la máquina, ya que influye en que se logre obtener todos los requerimientos de la máquina.

3.5.2.6.7 Calificación del módulo 2.

Como se muestra en la tabla 3.9 se realiza una evaluación de los criterios dados.

Tabla 3.9 Evaluación de cada criterio

Criterio	Peso	Mant.	Const. Y Mont.	Opera	Costo	Cap.	Fiab.	Suma +1	Pond [A]
Peso		0	0,5	1	0,5	0	0	3,00	0,11
Mantenimiento	1		1	0	1	0	0	4,00	0,15
Construcción y Montaje	0,5	0		0	0	0,5	0	2,00	0,08
Operación	0	1	1		1	0,5	0,5	5,00	0,19

.../

Tabla 3.9 Evaluación de cada criterio (Continuación)

Costo	0,5	0	1	0		0,5	0	3,00	0,11
Capacidad	1	1	0,5	0,5	0,5		0	4,50	0,17
Fiabilidad	1	1	1	0,5	0	0,5		5,00	0,19
							Suma	26,50	1,0

Fiabilidad=Operación>Capacidad>Mantenimiento>Peso=Costo>Construcción

Fuente: Propia

La tabla 3.10 muestra una evaluación de las soluciones con respecto al peso.

Tabla 3.10 Evaluación de las soluciones respecto al peso

Peso	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[B]
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Solución 1>Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.11 muestra una evaluación de las soluciones con respecto al mantenimiento.

Tabla 3.11 Evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento

Mantenimiento	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[C]
Solución 1		0,5	1,5	0,500
Solución 2	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Solución 1=Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.12 muestra una evaluación de las soluciones con respecto a la construcción.

Tabla 3.12 Evaluación de las soluciones respecto a la construcción

Construcción	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[D]
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Solución 1>Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.13 muestra una evaluación de las soluciones con respecto a la operación.

Tabla 3.13 Evaluación de las soluciones respecto a la operación

Operación	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[E]
Solución 1		0,5	1,5	0,500
Solución 2	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Solución 1=Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.14 muestra la evaluación de las soluciones con respecto al costo.

Tabla 3.14 Evaluación de las soluciones respecto al costo

Costo	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[F]
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Solución 1>Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.15 muestra la evaluación de las soluciones con respecto a la capacidad.

Tabla 3.15 Evaluación de las soluciones respecto a la capacidad

Capacidad	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[G]
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Suma	3	1

Solución 1>Solución 2

Fuente: Propia

La tabla 3.16 muestra la evaluación de las soluciones con respecto a la fiabilidad.

Tabla 3.16 Evaluación de las soluciones respecto a la fiabilidad

Fiabilidad	Solución 1	Solución 2	Suma +1	Ponderación[H]
Solución 1		0,5	1,5	0,500
Solución 2	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1

Solución 1=Solución 2

Fuente: Propia

Cómo indica la tabla 3.17 de conclusiones la solución más apta para este tipo de función es la solución 1, esta conclusión está fundamentada en el análisis de las características técnicas que son sus ventajas y desventajas en el desempeño de operación de la máquina.

Tabla 3.17 Tabla de conclusiones para el módulo 2

Conclusión	Peso [A*B]	Mtto [A*C]	Const [A*D]	Operación [A*E]	Costo [A*F]	Capacidad [A*G]	Fiabilidad [A*G]	Suma	Prioridad
Solución 1	0,07	0,075	0,05	0,095	0,07	0,11	0,095	0,57	1
Solución 2	0,03	0,075	0,02	0,095	0,03	0,17	0,095	0,36	2

Fuente: Propia

3.5.3 SELECCIÓN DEL PRINCIPIO DE ACCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

Encontradas las soluciones funcionales para cada módulo, se continúa con la determinación del principio de accionamiento de los componentes de la máquina. Los componentes que requieren accionamiento son:

- Movimiento de rotación de porta-muela.
- Movimientos de avance.
- Sujetadores de la herramienta.

3.5.3.1 Accionamiento de la muela.

La porta-muela se acciona mediante un motor (figura 3.9) y un acople que permita la transmisión de potencia de forma directa. El motor es eléctrico, como fue indicado en las especificaciones de la máquina.

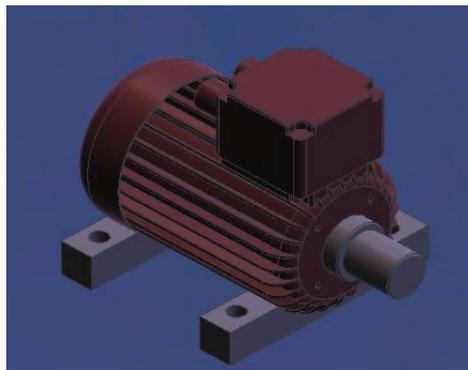


Figura 3.9 Motor eléctrico

Fuente: Propia

3.5.3.2 Accionamiento de la mesa, del porta-muela y de los fijadores.

- Accionamiento mecánico.
- Accionamiento hidráulico.
- Accionamiento neumático.

3.5.3.2.1 *Accionamiento mecánico.*

Este mecanismo permite realizar movimiento de traslación por un sistema mecánico de una tuerca acoplada a un husillo que permite el desplazamiento en ambos sentidos. Ver figura 3.10.



Figura 3.10 Husillo

Fuente: Propia

Ventajas:

- Fácil mantenimiento

Desventajas:

- No existe flexibilidad.
- Velocidad no regulable.
- Dificulta automatizar.

3.5.3.2.2 *Accionamiento hidráulico.*

Este mecanismo consiste de un actuador asociado a un sistema que suministre el fluido líquido en el mecanismo para que accione posteriormente el actuador en la configuración que se necesite.

Ventajas:

- El movimiento es continuo.
- Gama de cilindros en el mercado.
- Fácil de instalar.
- Maneja potencias elevadas.

Desventajas:

- Velocidades bajas en los actuadores.
- Exige un buen mantenimiento.
- Costo elevado.

3.5.3.2.3 Accionamiento neumático.

Este mecanismo consiste de un actuador asociado a un sistema que suministre aire en el mecanismo para que accione el actuador. Ver figura 3.11.

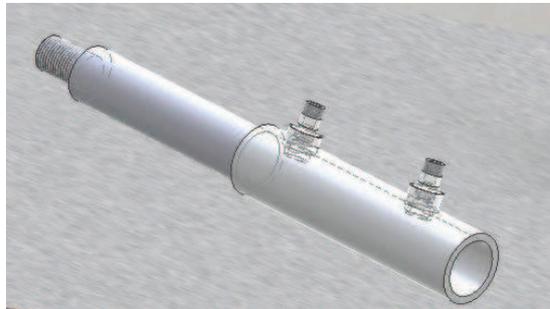


Figura 3.11 Accionador neumático

Fuente: Propia

Ventajas:

- El movimiento es continuo.
- Gama de cilindros en el mercado.
- Fácil de instalar.
- Costo.
- Alta cantidad de accesorios en el mercado.

Desventajas:

- Velocidades bajas en los actuadores.
- Exige un buen mantenimiento.
- Maneja potencias bajas.

La tabla 3.18 muestra la evaluación de los criterios dados.

Tabla 3.18 Evaluación de cada criterio

Criterio	Control	Mantenimiento	Costo	Fiabilidad	Suma +1	Ponderación
Control		1	0,5	0,5	3	0,3
Mantenimiento	0		1	0,5	2,5	0,25
Costo	0,5	0		0,5	2	0,2
Fiabilidad	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
					10	1

Control>Mantenimiento=Fiabilidad>Costo

Fuente: Propia

La tabla 3.19 muestra la evaluación de las soluciones con respecto al control.

Tabla 3.19 Evaluación de las soluciones respecto al control

Control	Mecánico	Hidráulico	Neumático	Suma +1	Ponderación
Mecánico		0	0	1	0,16
Hidráulico	1		0,5	2,5	0,41
Neumático	1	0,5		2,5	0,41
				6	1

Hidráulico>Neumático=Mecánico

Fuente: Propia

La tabla 3.20 muestra la evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento.

Tabla 3.20 Evaluación de las soluciones respecto al mantenimiento

Mantenimiento	Mecánico	Hidráulico	Neumático	Suma +1	Ponderación
Mecánico		1	1	3	0,5
Hidráulico	0		0	1	0,16
Neumático	0	1		2	0,33
				6	1

Mecánico>Neumático>Hidráulico

Fuente: Propia

La tabla 3.21 muestra la evaluación de las soluciones respecto al costo.

Tabla 3.21 Evaluación de las soluciones respecto al costo

Costo	Mecánico	Hidráulico	Neumático	Suma +1	Ponderación
Mecánico		1	1	3	0,5
Hidráulico	0		0	1	0,16
Neumático	0	1		2	0,33
				6	1

Mecánico>Neumático>Hidráulico

Fuente: Propia

Cómo indica la tabla 3.22 de conclusiones la solución más apta para este tipo de función es la solución mecánica; esta conclusión está fundamentada en el análisis de las características técnicas que son sus ventajas y desventajas en el desempeño de las funciones que requiere la máquina.

Tabla 3.22 Tabla de conclusiones

Conclusión	Control	Mantenimiento	Costo	Fiabilidad	Suma	Prioridad
Mecánico	0,05	0,125	0,1	0,125	0,4	1
Hidráulico	0,125	0,041	0,03	0,0833	0,283	3
Neumático	0,125	0,083	0,06	0,0416	0,316	2

Fuente: Propia

3.6 PROTOCOLO DE PRUEBAS

En esta sección se logra obtener las pruebas de campo según el protocolo de pruebas. El objetivo es verificar el correcto funcionamiento y corroborar el diseño de la máquina.

El correcto funcionamiento del prototipo implica que pueda cumplir con las especificaciones planteadas para una fácil aplicación de las mismas; se procederá a realizar un análisis de los siguientes aspectos.

3.6.1 DATOS DE LA EMPRESA

En la parte inicial del documento se indica los datos de la empresa para la cual fue construido el prototipo, nombres de los diseñadores y evaluador del mismo.

3.6.2 VERIFICACIÓN DE MEDIDAS GENERALES

Al terminar el ensamble de la máquina rectificadora de cuchillas se debe comparar las dimensiones indicadas en el diseño tales como: largo, ancho y alto.

3.6.3 VERIFICACIÓN DE LA APARIENCIA

En este punto se verifica los mecanismos principales de la máquina antes de poner en funcionamiento tales como: el mecanismo de movimiento de avance, mecanismo de avance vertical, soporte de mecanismo de afilado entre otros.

3.6.4 VERIFICACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS Y SOLDADAS

Se verifica que todas las juntas que fueron soldadas no presentes grietas o imperfecciones además que todos los elementos estén con el apriete adecuado, entre otras.

3.6.5 FUNCIONAMIENTO

La operación de la máquina debe comprobar el funcionamiento de la afiladora con y sin carga, observando que cumpla con las especificaciones técnicas y que no presente defectos.

3.6.6 VERIFICACIÓN ACABADO SUPERFICIAL DEL AFILADO

Una vez ensamblado el prototipo y realizado las pruebas respectivas se procederá a ponerla en funcionamiento y se verificará el acabado del afilado.

3.6.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LAS PRUEBAS

En este punto la persona evaluadora expondrá sus conclusiones con respecto al prototipo y expresa las recomendaciones que él crea conveniente.

El formato del protocolo de pruebas se lo detalla en la tabla 3.23.

Tabla 3.23 Formato del protocolo de pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS PROTOTIPO RECTIFICADORA DE CUCHILLAS						
EMPRESA						
EVALUADOR						
FECHA						
DISEÑADOR						
DESCRIPCIÓN						
1. VERIFICACIÓN DE MEDIDAS GENERALES						
Dimensiones generales	Instrumento Medición	Valor estimado	Valor medido	Tolerancia [mm]	Aprobado	
					Si	No
Largo [mm]	Flexómetro					
Ancho [mm]	Flexómetro					
Alto [mm]	Flexómetro					
2. VERIFICACIÓN DE APARIENCIA						
Nombre del componente		Especificaciones	Recubrimiento	Si	No	
Mecanismo de movimiento de avance		Sin aristas vivas				
Mecanismo de avance vertical		Sin aristas vivas				
Rotación de la mesa		Sin aristas vivas	Pintura			
Mecanismo de avance transversal		Sin aristas vivas				
Soporte de mecanismo de afilado		Sin aristas vivas	Pintura			
Mecanismo de posición y anclaje		Sin aristas vivas	Pintura			
Bastidor		Sin aristas vivas	Pintura			
3. VERIFICACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS Y SOLDADAS						
N°	Elemento	Especificaciones	Aprobado			
			Si	No		
1	Elementos Móviles	Verificar que los elementos móviles se encuentren protegidos tales como: eje motriz de movimiento de corte, movimiento de avance longitudinal, transversal y vertical.				

.../

Tabla 3.23 Formato del protocolo de pruebas (Continuación)

2	Juntas empernadas	Verificar apriete de elementos empernados con bastidor.			
3	Soldadura	Verificar que la soldadura del bastidor no tenga grietas o imperfecciones visibles.			
4	Afiladora en general	Verificar las superficies expuesta al ambiente se encuentren recubiertos con pintura.			
4. FUNCIONAMIENTO					
N°	Detalle	Con carga	Sin carga	Aceptado	
				Si	No
1	Verificar que el sistema de control eléctrico funcione: encendido y apagado.				
2	Verificar que no exista desalineamientos en los movimientos.				
3	Verificar que el torque del motor sea el correcto para máxima profundidad de corte.				
4	Verificar que no exista vibraciones que afecten el rectificado del filo de la cuchilla				
5	Verificar que la deflexión no supere el límite de 0.001 [mm]				
6	Verificar que la rotación de la mesa sea auto bloqueante				
7	Verificar que el movimiento longitudinal sea suave y constante				
8	Verificar que la refrigeración y el drenaje sea constante				
5. VERIFICAR ACABADO SUPERFICIAL DEL AFILADO					
N°	Verificar	Inspección o Medición	Aceptado		
			Si	No	
1	Acabado Superficial N 6	Visual y Táctil			
2	Dimensiones +/-0.1 [mm]	Pie de Rey y Micrómetro			
6. CONCLUSIONES					
7. OBSERVACIONES					
				Se aprueba el prototipo:	
				Si	No
REVISADO POR:			AUTORIZADO POR:		

Fuente: Propia

CAPÍTULO 4.

DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO Y CONTROL DE LA MAQUINA

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza el diseño o selección de cada elemento constitutivo de la máquina, se toma en consideración los requerimientos de la empresa y una alta fiabilidad en la operación. Los elementos normalizados se seleccionarán de acuerdo a la función y un estudio analítico.

En el diseño de cada elemento se debe obtener una alta fiabilidad aplicando métodos que aseguren el trabajo que van a desempeñar ya sea este un diseño estático, dinámico y por métodos numéricos de elementos finitos dependiendo de la función de cada elemento. También se optimizará la cantidad de material usando sus características y propiedades mecánicas.

4.1.1 CONDICIONES DE CONTORNO

Las condiciones de contorno, es decir condiciones del elemento mecánico como cargas, apoyos, propiedades mecánicas de la pieza se establecen en cada caso de estudio en particular.

4.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para la selección del motor es necesario realizar un análisis de las fuerzas que intervienen en la operación de afilado que se genera por el rozamiento entre la muela y la cuchilla.

Hay que estimar un adecuado funcionamiento entre la velocidad angular de la muela y el material de la herramienta debido a que este puede mejorar o empeorar el corte.

La muela y la cuchilla están sometidas a un esfuerzo total de corte, cuyo componente principal es F_c (resistencia al corte) originada en el eje de la muela y la cuchilla sometida a momentos de torsión, de cuya magnitud depende la potencia consumida por el rectificado.

La muela y la herramienta son cuerpos indeformables por lo que se les puede considerar como sólidos y se puede aplicar la siguiente teoría:

La potencia del motor se obtiene determinando la fuerza que debe vencer la muela para arrancar la viruta de la cuchilla. La potencia viene dada por la relación.

$$P = T \times \omega \quad (4.1)$$

Donde,

P: Potencia.

T: Torque.

ω : Velocidad angular.

Para obtener el torque necesario para efectuar el arranque de viruta, se considera un elemento diferencial de área sobre la superficie de la cuchilla (figura 4.1), y se calcula el torque necesario para cortar el material (viruta). Luego se integra a través de toda la superficie, obteniéndose así el torque total.

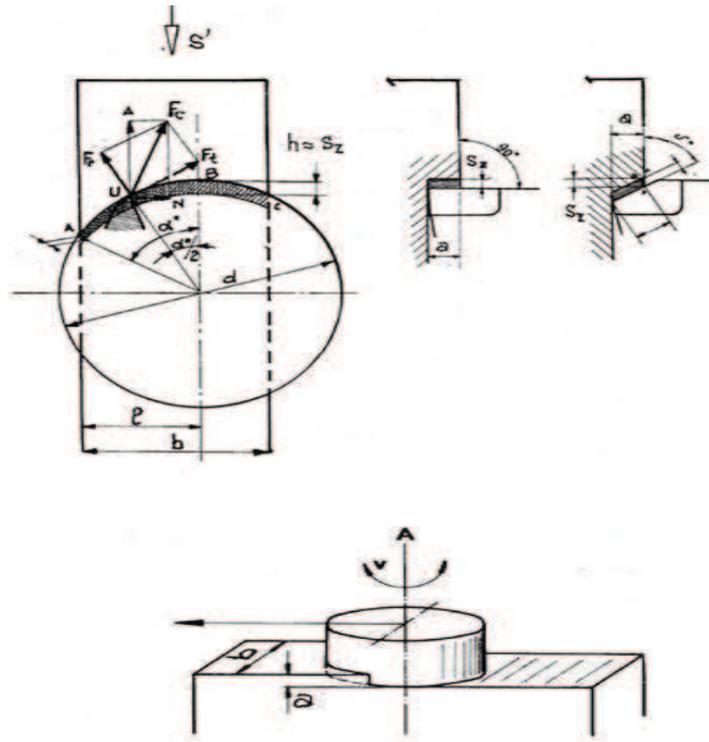


Figura 4.1 Fuerzas que actúan sobre un punto

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/8264821/Apuntes-Tecnologia-Mecanica>

De la figura 4.1 se deduce la ecuación siguiente:

Las fuerzas principales sobre un punto de contacto:

Ft: Fuerza tangencial.

Fr: Fuerza radial.

$$F_c = F_t + F_r \quad (4.2)$$

Fc: Fuerza de corte (resultante de sus componentes)

Descomponiendo ésta fuerza según dos ejes coordenados se obtienen las componentes principales

A: Opuesta al avance.

N: Eje normal perpendicular.

En este tipo de maquinado frontal el avance no presenta mayor complicación, este sistema participa a la vez de los dos sistemas descritos.

Este procedimiento nos da mejor calidad y acabado superficial.

4.3 AVANCE POR SECCIÓN

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_z = \frac{S'}{n \cdot z} \quad (4.3)$$

Donde:

S': avance total de la muela [mm/min]

N: número de vueltas por minuto que rota la herramienta

Z: número de dientes de la muela

Sz: avance por diente [mm]

4.4 RECTIFICADO FRONTAL

Se puede suponer que el valor del espesor máximo de la viruta (h) es aproximadamente igual al avance por diente y tomamos la profundidad de pasada (a) tenemos como sección máxima de viruta para este rectificado frontal. Ver figura 4.2.

$$qF = S_z \cdot a [mm^2] \quad (4.4)$$

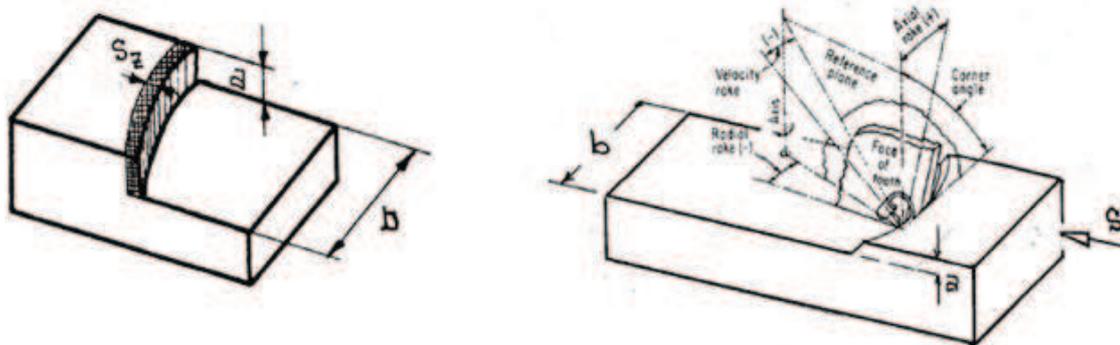


Figura 4.2 Rectificado frontal

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/8264821/Apuntes-Tecnología-Mecánica>

4.5 POTENCIA

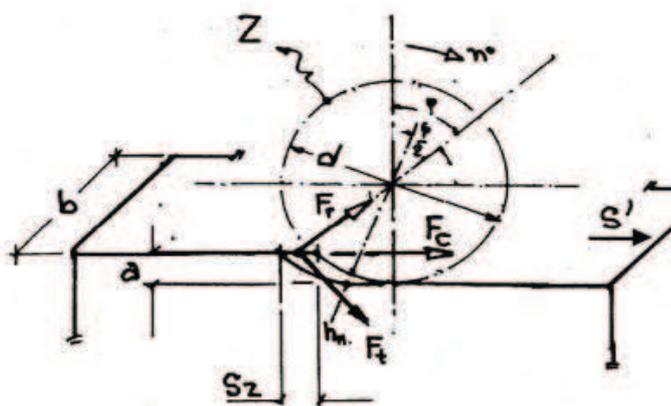


Figura 4.3 Análisis de fuerzas para la potencia

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/8264821/Apuntes-Tecnología-Mecánica>

De acuerdo a las limitaciones indicadas anteriormente el cálculo de potencia que se da en la bibliografía clásica de Hütte, Dübbel, etc tiene como premisa que hay un solo punto de contacto entre la muela y la cuchilla (figura 4.3) entonces la fórmula es:

$$P = \frac{a \cdot b \cdot K_s \cdot S'}{1000 \cdot 75 \cdot 60 \cdot n} \quad (4.5)$$

Donde:

a : Profundidad de corte [mm]

b: Ancho del afilado [mm]

Ks: Resistencia específica de corte [Kgr/mm²]

S': Avance total [mm/min]

n: Rendimiento de la máquina [0,6 - 0,8]

P: Potencia

Fórmula de la potencia del motor.¹⁴

4.6 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORTE

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{600000} \quad (4.6)$$

Donde:

Vc: Velocidad de corte [m/s]

D: Diámetro de la muela [mm]

n: Número de revoluciones por minuto [rpm]

Para el análisis se considera, el diámetro de la muela en el afilado y el número de revoluciones por minuto del motor cuya relación de transmisión es de 1 a 1.

$$D = 125 \text{ [mm]}$$

$$n = 3600 \text{ [rpm]}$$

$$V_c = \frac{\pi \cdot 125 \text{ mm} \cdot 3600 \text{ rev/min}}{60000}$$

$$V_c = 23,56 \text{ [m/s]}$$

¹⁴ FREDERICK S. MERRIT, Manual del Ingeniero Civil, Mc Graw Hill Interamericana Editores, 4 ta edición

4.7 FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE K_S

El valor de K_S está en función del material y el espesor de viruta, se obtiene mediante la siguiente igualdad.

$$K_S = K_{S1} \cdot h^{-\varepsilon} \quad (4.7)$$

Los valores de K_{S1} y el exponente ε son dependientes del material a mecanizar. Ver ANEXO IV

Donde:

K_{S1} : fuerza específica de corte definida en una sección de viruta de 1mm^2 [GPa]

h : espesor de la viruta [mm]

ε : valor experimental de tablas [adimensional]

Para definir la variable K_{S1} se considera un material de semejantes características al material de carburo de tungsteno (widia). El valor del espesor de viruta es de forma experimental de acuerdo a la mayor cantidad de rectificación o afilado.

$$K_{S1} = 165 \text{ kgf/mm}^2$$

$$h = 0,5 \text{ [mm]}$$

$$\varepsilon = -0,19$$

$$K_S = 165 \cdot 0,5^{-0,19}$$

$$K_S = 188 \text{ [kgf/mm}^2\text{]}$$

4.8 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO¹⁵

Se determina por la siguiente expresión:

$$P = \frac{a \cdot s \cdot K_s \cdot V_c}{75 \cdot n} \quad (4.8)$$

Donde:

P: Potencia de accionamiento [kW]

a: profundidad de corte [mm]

s: avance [mm/rev]

ks: fuerza específica para una sección de viruta

n: rendimiento de la máquina

Para el análisis de la potencia de accionamiento se debe tener en consideración la relación entre la profundidad de corte y avance $\frac{s}{a} = \frac{1}{10}$ asumiendo una profundidad de corte para casos extremos de afilado.

El rendimiento de las máquinas herramientas varía de 0,4 a 0,9; por lo tanto se tendrán en cuenta los siguientes valores.

a=0.05 [mm]

s= 0.5 [mm/rev]

n=0.7

Remplazando los valores en la ecuación se obtiene:

$$F_c = a \cdot s \cdot k_s$$

$$F_c = 0,05 \cdot 0,5 \cdot 228 \frac{Kgf}{mm^2}$$

$$F_c = 4,7 Kgf$$

¹⁵ ASTUDILLO Jiménez Fidel, Máquinas Herramientas, Alfa Omega, Madrid España-Anexo2 Fabricaciones con maquinas herramientas.

$$P = \frac{4,7 \text{ kgf} \cdot 23,56 \text{ m/s}}{75 \cdot 0,8}$$

$$P = 1,84 \text{ [Cv]} = 1,8 \text{ [Hp]}$$

4.9 DISEÑO DEL SISTEMA PORTA-HERRAMIENTAS

La fuerza necesaria para sujetar la herramienta de mayor longitud se determina considerando la fuerza que ejerce la muela sobre la herramienta para evitar el deslizamiento de la herramienta. Para esto se calcula la fuerza de rozamiento que se produce al rectificar la superficie; esta varía dependiendo de la rugosidad de la muela y el material de la herramienta. También se toma en consideración un eje pivotado que sostiene una mesa en la cual van soportadas las mordazas para la sujeción de la herramienta y un par de guías como apoyo de la herramienta.

4.10 DISEÑO DE LA MESA

El eje soporta el peso de la mesa y la fuerza de corte de la piedra abrasiva. El punto crítico de flexión se encuentra en el punto medio del eje a través de los puntos de apoyo en las articulaciones, se realiza un diseño estático debido a que la mesa es una viga que no transmite ninguna carga o movimiento en la operación. La vibración es un parámetro a considerar ya que no debe existir en el afilado.

La capacidad que debe tener la mesa debe ser tal que pueda sujetar la cuchilla de 800 x 50 x 8 [mm] asociada a las mordazas y las guías ensambladas en la mesa.

La mesa tiene unas ranuras en forma de T normalizadas para el apriete de la cuchilla y como apoyo de las bridas de sujeción.

4.10.1 DISEÑO ESTÁTICO

La carga que soporta el eje es:

$$F_e = F_n + F_{\text{mesa}} \quad (4.9)$$

Donde:

F_n = Fuerza de empuje de la piedra abrasiva (normal a la superficie)

F_{mesa} = Carga de la mesa

$$F_{\text{mesa}} = m \cdot g = v \cdot \gamma \cdot g \quad (4.10)$$

Donde:

m = masa

g = gravedad = 10 m/s²

γ : peso específico del material = 7.83 kg/dm³

V : volumen

$$F_{\text{mesa}} = 1.5 \cdot 10 \cdot 1 \text{ dm}^3 \frac{7.83 \text{ kg}}{\text{dm}^3} = 117.45 \text{ [Kgf]}$$

Carga distribuida es de la carga total para la longitud de la mesa

Calculando F_n de la ecuación:

$$F_n = F_c \cdot 1,3$$

De la ecuación se calcula la fuerza de corte F_c , como se indica en la figura 4.4:

$$F_c = 1.3 \cdot 4.7 \text{ [Kgf]}$$

$$F_n = 6.11 \text{ [Kgf]}$$

$$F_e = 6.11 + 117.45 = 123.56 \text{ [Kgf]}$$

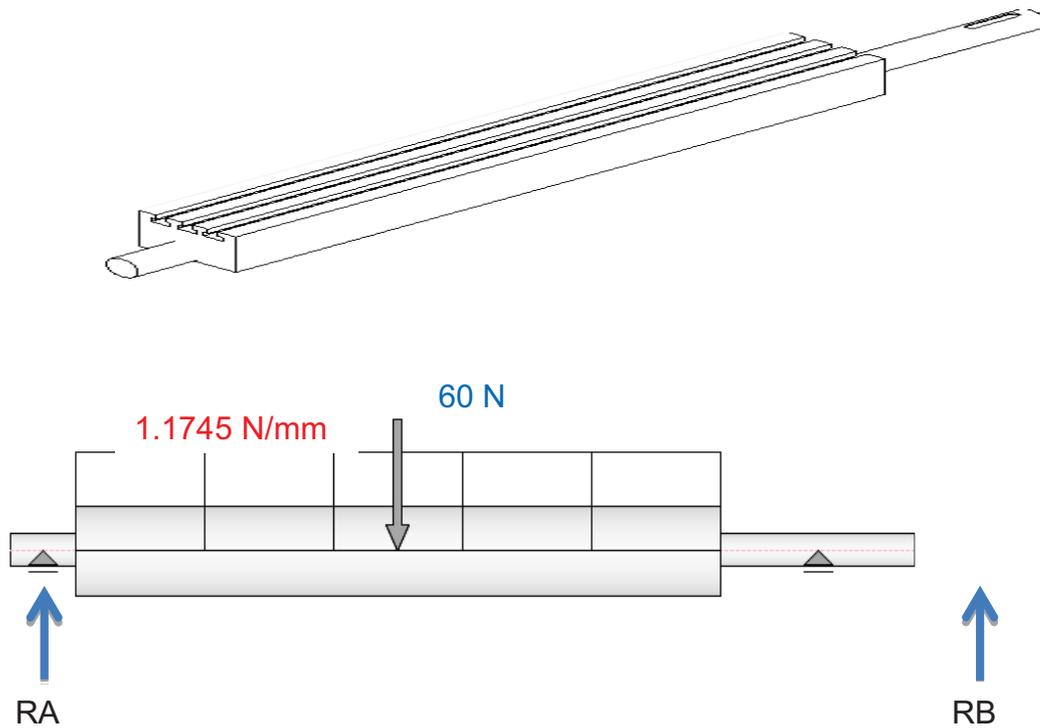


Figura 4.4 Diagrama de cuerpo libre de mesa

Fuente: Propia

$$\sum F_Y = 0$$

$$q = 1.1745 \frac{N}{mm}$$

$$F_n = 60 N$$

$$RA + RB = q \cdot x + F_n$$

$$0 \leq x \leq 1000 [mm]$$

Si $x=1000$ mm

$$RA + RB = 1.1745 \frac{N}{mm} * 1000 mm + 60 N$$

Como $RA=RB$

$$RA = RB = 617.25 N$$

Esto se puede comprobar al observar la figura 4.5.

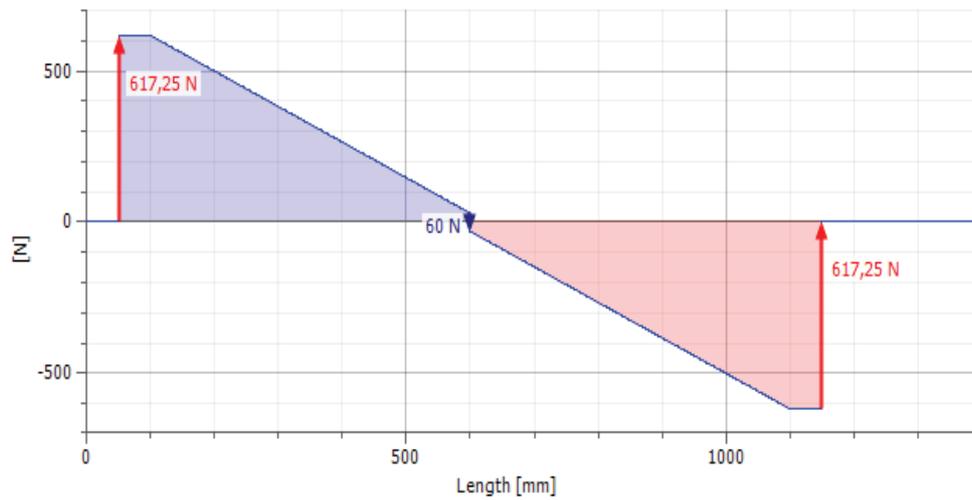


Figura 4.5 Diagrama de cortante de la mesa

Fuente: Propia

$$\sum MA = 0$$

$$MA = -RB \cdot X + q \cdot \frac{X^2}{2} + Fn \cdot \frac{X}{2}$$

$$X = 0 [mm] \rightarrow M = 0 N \cdot m$$

$$X = 500 [mm] \rightarrow M = 192.675 N \cdot m$$

En la figura 4.6 se representa el diagrama del momento flector de la mesa.

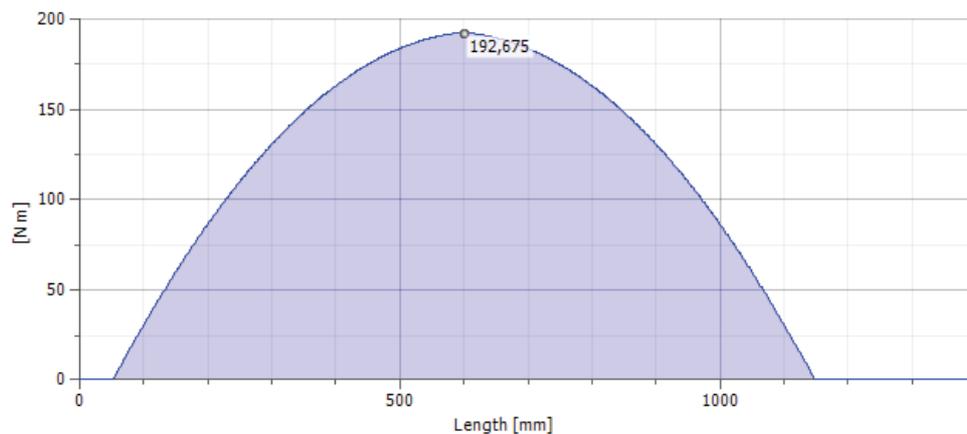


Figura 4.6 Diagrama de momento flector de la mesa

Fuente: Propia

Para el diseño estático se considera el material A-36, el cual cuenta con las siguientes propiedades. Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1 Condiciones de funcionamiento y parámetros de diseño

Material		Acero A-36
Módulo de elasticidad	E	206000 MPa
Módulo de rigidez	G	80000 MPa
Peso específico	ρ	7860 kg/m ³

Fuente: Propia

$$S_y = 36 \text{ ksi} = 250 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (4.11)$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia [MPa]

n = Factor de seguridad

σ = esfuerzo máximo

Se considera un factor de Seguridad de 4 por estimación

$$\sigma = \frac{S_y}{n} \quad (4.12)$$

$$\sigma = \frac{250}{4} = 62,5 \text{ Mpa}$$

Se obtiene:

$$\sigma = \frac{32 \times M}{\pi \times d^3}$$

$$d^3 = \frac{32 \times 192.67}{\pi \times 62.5 \times 10^6}$$

$$d = 31,54 \text{ [mm]}$$

Se obtiene el diámetro para el eje y se construye con un $d = 50 \text{ mm}$ es decir con un mayor factor de seguridad

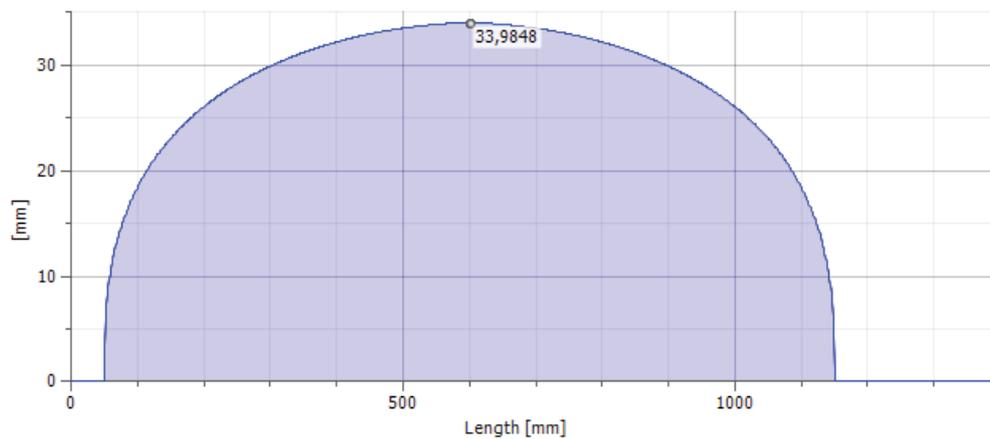


Figura 4.7 Diagrama de diámetro ideal de apoyos articulados de la mesa

Fuente: Propia

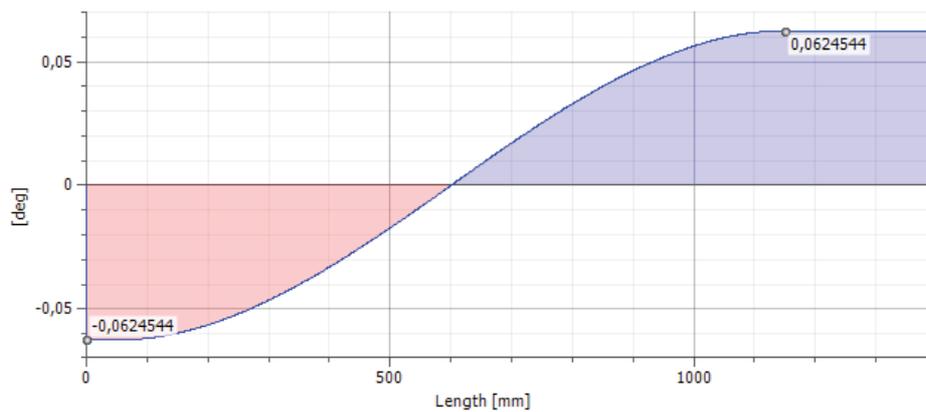


Figura 4.8 Diagrama de ángulo de deflexión de la mesa

Fuente: Propia

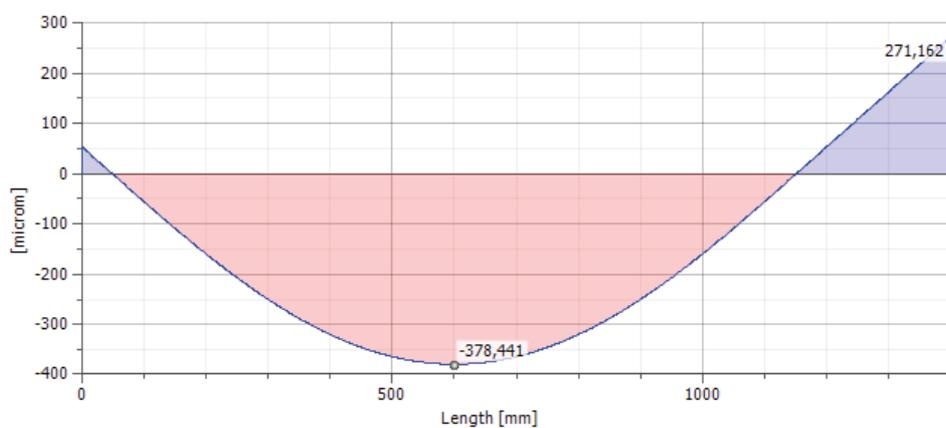


Figura 4.9 Diagrama de deflexión de la mesa

Fuente: Propia

4.10.2 COJINETES PARA LA MESA

Para la selección de los cojinetes se debe considerar los diámetros encontrados en el diseño de la mesa, la velocidad angular y la inercia de la mesa.

4.11 DISEÑO DE LAS PLACAS

El diseño de las placas para el movimiento del eje longitudinal de la placa es necesario para la determinación de tensiones y deformaciones en placas planas sometidas a diversas condiciones de carga.

Las placas laterales son móviles con tres apoyos como se indica en la figura 4.10.

Condiciones de Entrada:

$$b = 350 \text{ [mm]}$$

$$S_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$n = 2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 124.1 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{xx}} \quad (4.13)$$

Donde:

$\sigma_{\text{máx}}$ = Esfuerzo máximo [Mpa]

$M_{\text{máx}}$ = Momento flector máximo [N.mm]

S_{xx} = Módulo de sección [mm³]

$$S_{xx} = \frac{I}{c} \quad (4.14)$$

$$I_{xx} = b * \frac{t^3}{12}$$

$$c = t/2$$

Donde:

I = Momento de inercia [mm^4]

C = Centroide

b = Base de la placa [mm]

h = altura de la placa [mm]

P = Carga del peso del sistema de avance de corte de la muela = 2400 [N]

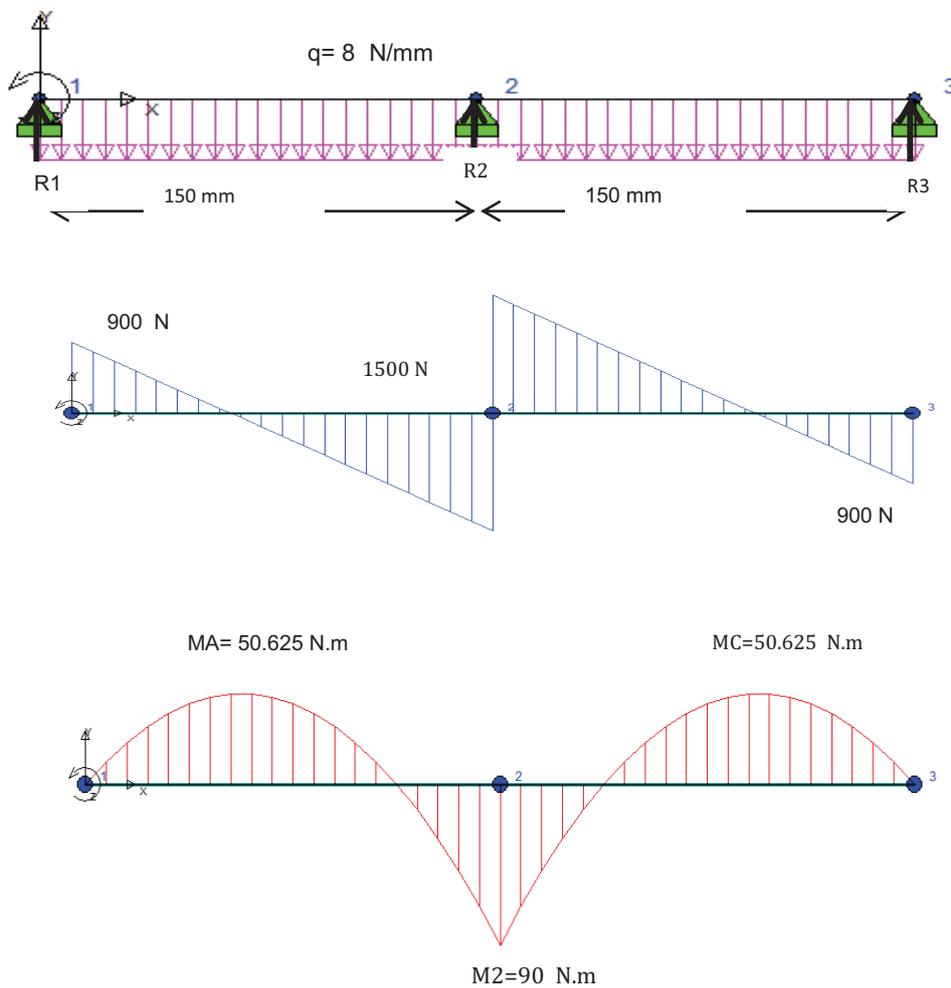


Figura 4.10 Diagramas de las placas laterales

Fuente: Propia

$$MA \cdot L1 + 2 \cdot MB \cdot (L1 + L2) + MC \cdot L2 = -6 * (\alpha a + \alpha b)$$

Como:

$$M1 = M3 = 0[N.m]$$

$$\alpha 1 = \alpha 3 = \frac{q \cdot L^3}{12}$$

Sustituyendo las condiciones de la viga se obtiene el momento en B:

$$M2 = \frac{q \cdot L^2}{8} = 90[N.m]$$

$$R1 = R3 = \frac{3 \cdot q \cdot L}{8} = 900[N]$$

$$R2 = \frac{5 \cdot q \cdot L}{8} = 1500[N]$$

Del diagrama de momento flector:

$$M(x) = -\frac{q}{8}L \cdot x + \frac{q}{2}(L - x) \quad 0 \leq x \leq L$$

$$M(x) = -\frac{q}{8}L \cdot (2L - x) + \frac{q}{2}x(3L - x) - q \cdot L^2 \quad L \leq x \leq 2L$$

Para L:

$$A = \frac{3L}{8}$$

$$C = \frac{13L}{8}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene:

$$MA = MC = \frac{9qL^2}{128} = 50.62 [N.m]$$

Finalmente el momento flector máximo:

$$M_{\text{máx}} = 90 \text{ [N.m]}$$

Sustituyendo las ecuaciones (9) (10) (11) se obtiene el módulo de sección en función de la altura como se indica a continuación:

$$S_{xx} = b * \frac{t^2}{6} = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{máx}}}$$

$$t = 3.8 \text{ [mm]}$$

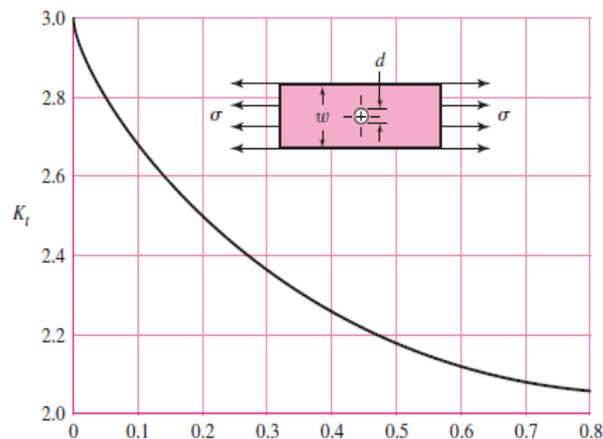


Figura 4.11 Relación d/W

Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008

De la figura 4.11 sacando la relación d/W, se obtiene una constante de diseño $K_t=2.6$

$$td = t \cdot K_t = 9.88 \text{ [mm]}$$

Se selecciona un espesor de 20 [mm] de la placa debido al conjugado que existe entre los ejes de acoples y la placa. Debido a que el cortante en el eje no debe superar el factor de seguridad establecido.

4.12 DISEÑO DE PUENTE (PLACA HORIZONTAL)

El puente es un elemento móvil pivotado en los dos extremos, sujetado mediante uniones atornilladas a las placas laterales; la carga que debe soportar el puente son las del motor, sistema cola de milano y estructura de soporte del motor. Ver figura 4.12.

Condiciones de Entrada:

$$b = 350 \text{ [mm]}$$

$$S_y = 36 \text{ Ksi}$$

$$n = 2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 124.1 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{xx}}$$

Donde:

$\sigma_{\text{máx}}$ = Esfuerzo máximo [Mpa]

$M_{\text{máx}}$ = Momento flector Máximo [N.mm]

S_{xx} = Módulo de sección [mm³]

$$S_{xx} = \frac{I}{C}$$

$$I_{xx} = b * \frac{t^3}{12}$$

$$C = t/2$$

Donde:

I = Momento de inercia [mm⁴]

C = Centroide

b = Base de la placa [mm]

h = Altura de la placa [mm]

P = Carga del peso del sistema de avance de corte de la muela = 2000 [N]

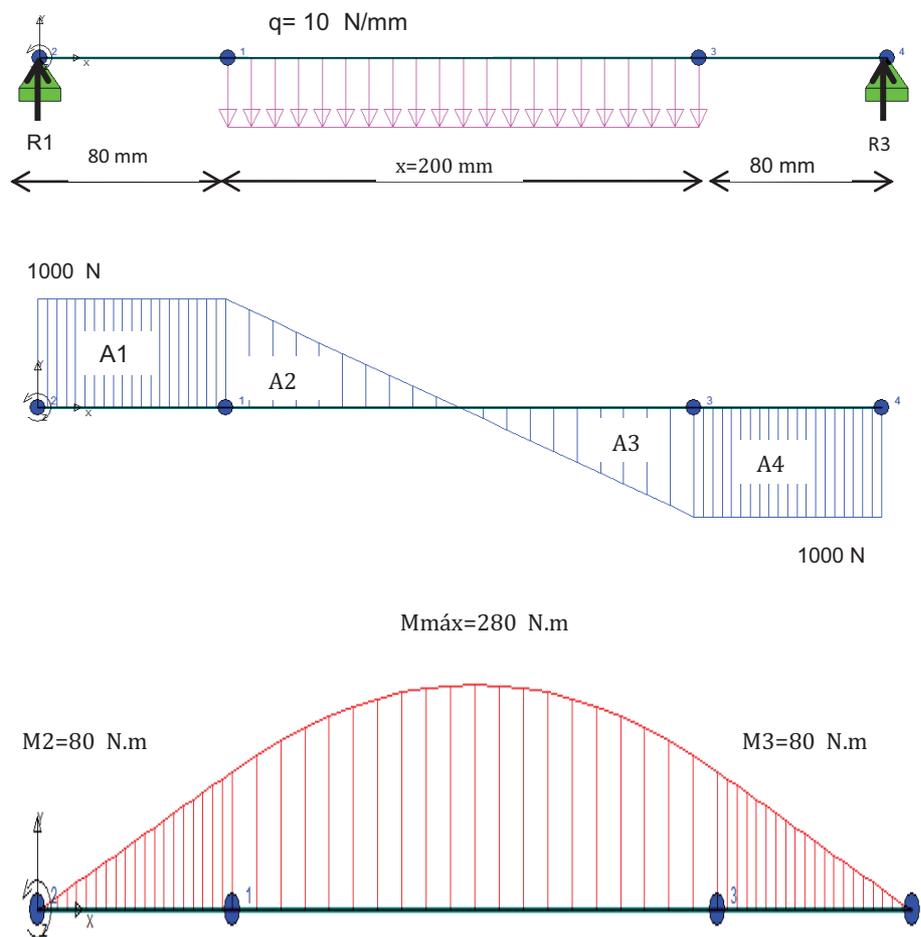


Figura 4.12 Diagramas de la placa horizontal

Fuente: Propia

Sustituyendo las condiciones de la viga se obtiene el momento en B:

$$\sum F_Y = 0$$

$$q = 10 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$R_A + R_B = q \cdot x$$

$$0 \leq x \leq 200 \text{ [mm]}$$

Si $x=1000$ mm

$$R1 + R4 = 10 \frac{N}{mm} * 200 \text{ mm}$$

Como $RA=RB$

$$R1 = R4 = 1000 \text{ N}$$

Para encontrar los momentos en cada punto se hace la sumatoria de áreas del diagrama de cortante.

$$M2 = A1 = A4 = 1000 * 0.08 = 80[N.m]$$

$$M_{\text{máx}} = 80 + q \cdot \frac{x^2}{2} = 280[N.m]$$

Sustituyendo las ecuaciones (9) (10) (11) se obtiene el módulo de sección en función de la altura como se indica a continuación:

$$S_{xx} = b * \frac{t^2}{6} = \frac{M_{\text{máx}}}{\sigma_{\text{máx}}}$$

$$t = 6.13 \text{ [mm]}$$

De la figura 4.11 sacando la relación $\frac{d}{W} = \frac{100}{360} = 0.27$ se obtiene una constante de diseño $Kt=2.4$ de la figura (12) y se obtiene un espesor corregido de:

$$t_c = t \cdot Kt = 14.71 \text{ [mm]}$$

Se selecciona un espesor de 16 [mm] de la placa debido a que es un espesor que se comercializa en el mercado.

4.13 DISEÑO DEL EJE ENTRE COJINETE DE RODAMIENTO Y PLACA LATERAL

El eje soporta la carga del peso del sistema de desplazamiento de la muela.

Condiciones de Entrada:

Acero AISI 1020

$S_y = 220$ [Mpa]

$P_1 = \text{Carga} = \text{Peso total del sistema de avance para 6 puntos} = 800$ [N]

$n = 2$

A continuación en la figura 4.13, se presentan los diagramas de esfuerzos del eje.

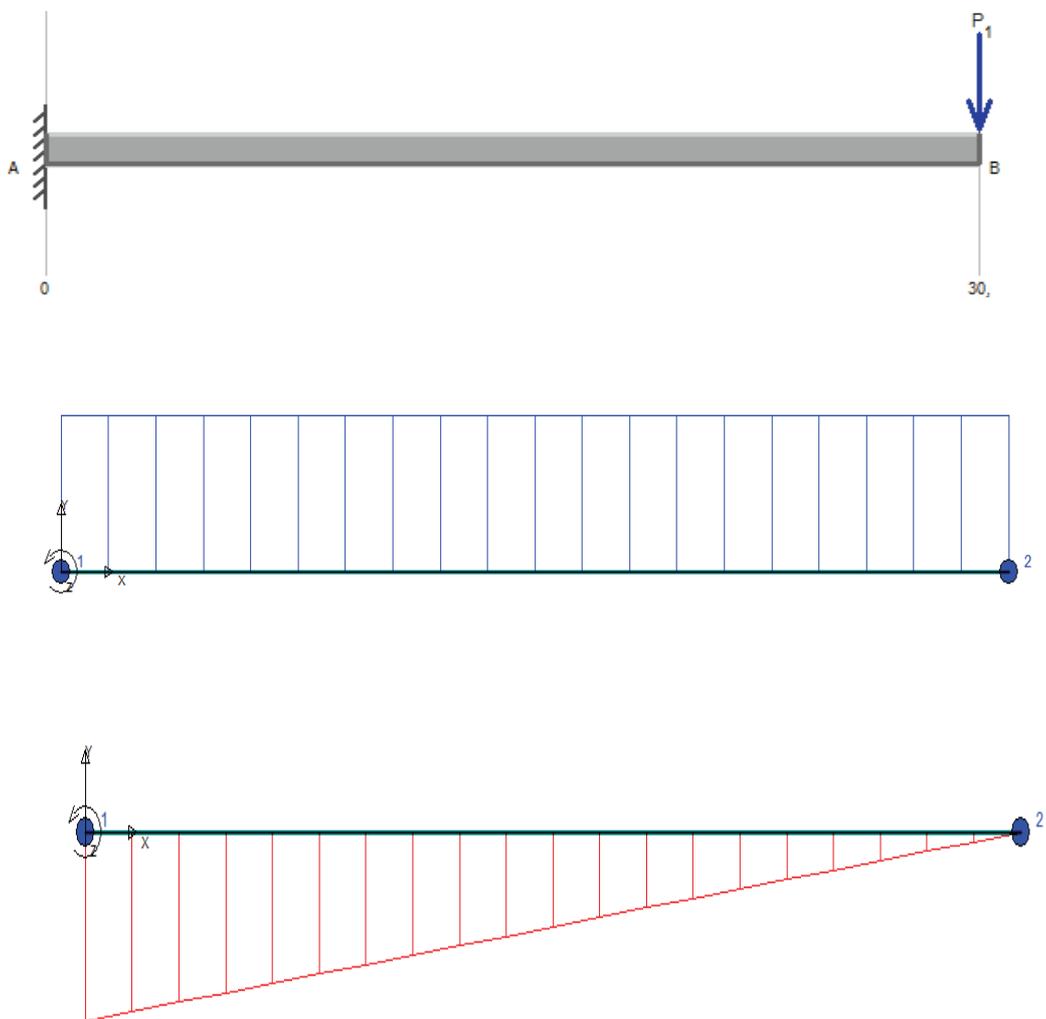


Figura 4.13 Diagramas de esfuerzo cortante y flector del eje entre cojinete de rodamiento y placa lateral

Fuente: Propia

Diseño por esfuerzo cortante:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{0.5 (S_y)}{n} \quad (4.15)$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 55 \text{ [Mpa]}$$

$$\tau_B = \frac{V}{A} = \frac{4V}{\pi \cdot d^2}$$

Donde:

S_y = Esfuerzo a la fluencia.

n = Factor de seguridad.

τ_B = Esfuerzo cortante.

V = Cortante máximo.

A = Área transversal.

d = Diámetro mínimo del eje.

$$\tau_B = \frac{4 * 800}{\pi \cdot d^2} = \sigma_{\text{máx}}$$

$$d = 4.3 \text{ [mm]}$$

Diseño por momento flector:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 110 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot M_{\text{máx}}}{\pi \cdot d^3}$$

Donde:

M = Momento flector máximo [Mpa]

$$d = 13.04 \text{ [mm]}$$

4.14 DISEÑO DEL TORNILLO DE POTENCIA Y COLA DE MILANO

El tornillo de transmisión de potencia es un elemento mecánico que permite cambiar movimiento angular por lineal. Este tornillo permite obtener una gran ventaja mecánica como: ejercer fuerzas de gran magnitud, un posicionamiento preciso de un movimiento axial. Debido a que el diseño es para fuerzas de gran magnitud, el perfil de la rosca es diferente que los tornillos de sujeción. Estas pueden ser: cuadradas, trapezoidales, ACME.

Para el diseño del tornillo se considera un material acero AISI 1045 y el elemento que se conjuga al tornillo, una tuerca de bronce SAE 65.

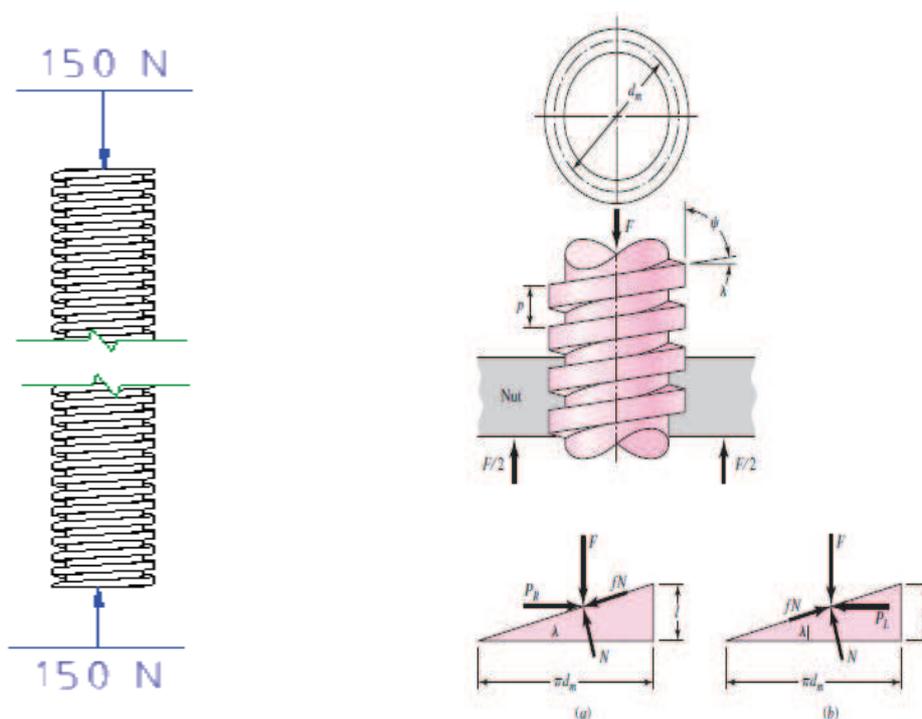


Figura 4.14 Tornillo de potencia y cola de milano

Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008,fig.8.5 pág

4.14.1 DATOS INICIALES

En la tabla 4.2 se presentan los valores iniciales para el cálculo:

Tabla 4.2 Valores iniciales de cálculo

Denominación	Símbolo	Valor	Unidad
Diámetro exterior del tornillo de potencia	d	18	[mm]
Paso	p	4	[mm]
Diámetro medio	d_m	$dm = d - \frac{p}{2} = 16$	[mm]
N° de entradas	N	1	[und]
Diámetro interior	dr	$dr = d - p/2 = 14$	[mm]
Avance	l	$l = n \times p = 1 \times 4$	[mm]

Fuente: Propia

4.14.2 CÁLCULO DEL TORQUE PARA SUBIR LA HERRAMIENTA DE CORTE (MUELA ABRASIVA)

Para realizar el cálculo se recalca que se debe considerar el mayor esfuerzo que va realizar el filete del diente de rosca que es al subir la muela, en el cual se encuentran fuerzas como el peso propio del sistema cola de milano y el peso del motor que propulsa la muela; también es necesario considerar la fuerza que es la reacción al corte de la herramienta con la cuchilla a afilar. Ver tabla 4.3.

$$T_s = \frac{F \cdot d_m}{2} \times \frac{(\mu \cdot \pi \cdot d_m + l)}{(\pi \cdot d_m - \mu \cdot l)} \quad (4.16)$$

Tabla 4.3 Tabla de valores para el cálculo

Screw Material	Nut Material			
	Steel	Bronze	Brass	Cast Iron
Steel, dry	0.15–0.25	0.15–0.23	0.15–0.19	0.15–0.25
Steel, machine oil	0.11–0.17	0.10–0.16	0.10–0.15	0.11–0.17
Bronze	0.08–0.12	0.04–0.06	—	0.06–0.09

Combination	Running	Starting
Soft steel on cast iron	0.12	0.17
Hard steel on cast iron	0.09	0.15
Soft steel on bronze	0.08	0.10
Hard steel on bronze	0.06	0.08

Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008 Tabla 8.4 ,pág 407

Donde:

T_s = Torque al subir.

F = Peso del sistema cola de milano y motor.

d_m = Diámetro medio del tornillo de transmisión de potencia.

μ = Coeficiente de rozamiento entre el conjugado tornillo-tuerca = 0.08

l = Avance.

$$F = W_{motor} + W_{Muela}$$

$$F = (20 [kg] + 5 [kg] + 20[kg]) \times 10 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 450 [N]$$

Reemplazando los valores en la ecuación (4.16) se obtiene el torque de subida

$$T_s = \frac{450 \times 0.016}{2} \times \frac{(0.08 \times \pi \times 0.016 + 0.004)}{(\pi \times 0.016 - 0.08 \times 0.004)} [N \cdot m]$$

$$T_s = 0.578 [N \cdot m]$$

4.14.3 CÁLCULO DEL TORQUE PARA BAJAR LA HERRAMIENTA DE CORTE (MUELA ABRASIVA)

Para calcular el torque necesario para bajar el sistema de avance vertical con el sistema cola de milano; las fuerzas que actúan son el peso del motor y de la muela.

$$T_b = \frac{F \cdot d_m}{2} \times \frac{(\mu \cdot \pi \cdot d_m - l)}{(\pi \cdot d_m + \mu \cdot l)} \quad (4.17)$$

Donde:

T_b = Torque para bajar la herramienta

F = Peso del sistema cola de milano y motor = 450 [N]

d_m = Diámetro medio del tornillo de transmisión de potencia

μ = Coeficiente de rozamiento entre el conjugado tornillo-tuerca = 0.08

l = Avance

Reemplazando los valores en la ecuación (4.17) se obtiene el torque de subida

$$T_b = \frac{450 \times 0.016}{2} \times \frac{(0.08 \times \pi \times 0.016 - 0.004)}{(\pi \times 0.016 + 0.08 \times 0.004)}$$

$$T_b = 0.0015 [N \cdot m]$$

4.14.4 CÁLCULO DE AUTOSEGURO

Este cálculo es de importancia puesto que permite que el tornillo no gire sin acción externa

$$\mu \cdot \pi \cdot d_m > l \quad (4.18)$$

Donde:

μ = Fricción entre el tornillo y la tuerca.

d_m = Diámetro medio del tornillo de transmisión de potencia.

l = Avance.

Reemplazando los valores en la ecuación (4.18) se obtiene el torque de subida

$$0.08 \cdot \pi \cdot 16 > 4$$

$$4.021 > 4$$

Es auto-bloqueante

4.15 DISEÑO ESTÁTICO

Para el diseño estático del tornillo de potencia es necesario considerar los esfuerzos de compresión y a corte. Ver figura 4.15.

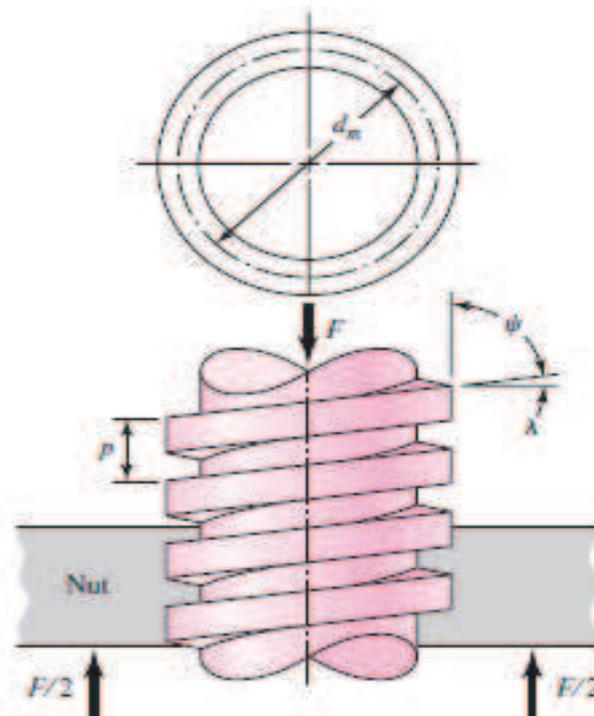


Figura 4.15 Análisis estático del tornillo de potencia

Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008, Fig8.6 pág 401

Tabla 4.4 Fórmulas para análisis de esfuerzos

Esfuerzo Cortante			
TORNILLO			
Denominación	Símbolo	Ecuación	Unidades
Área	A	$A = \frac{\pi \cdot dr \cdot h}{2}$	mm ²
Esfuerzo de corte	τ	$\tau = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot dr \cdot h}$	MPa
Área	A	$A = \frac{\pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}{4 \cdot p}$	mm ²
Esfuerzo a compresión	σ	$\sigma(-) = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot p \cdot F}{\pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}$	MPa

Fuente: Propia

Tabla 4.5 Esfuerzo de corte y compresión

ESFUERZO	TEORÍA	TUERCA	TORNILLO
CORTE	T.E.D	$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{xy}}$	$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{xy}}$
		$n = \frac{0.577 S_y \cdot \pi \cdot d \cdot h}{2 \cdot F}$	$n = \frac{0.577 S_y \cdot \pi \cdot dr \cdot h}{2 \cdot F}$
COMPRESIÓN	T.E.D	$n = \frac{S_y}{\sigma_x}$	$n = \frac{S_y}{\sigma_x}$
		$n = \frac{S_y \cdot \pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}{4p \cdot F}$	$n = \frac{S_y \cdot \pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}{4p \cdot F}$

Fuente: Propia

Cuando se estudia el factor de seguridad por efecto del corte o de compresión, si $n < 2$, el elemento falla. Por lo tanto siempre se diseña para $n > 2$ y sólo para materiales dúctiles.

4.15.1 DISEÑO A ESFUERZOS DE CORTE DEL TORNILLO

Reemplazando en las ecuaciones respectivas. Ver tabla 4.4.

$$A = \frac{\pi \cdot dr \cdot h}{2}$$

$$A = \frac{\pi \times 14 \times 10}{2}$$

$$A = 219.91 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot dr \cdot h}$$

$$\tau = \frac{450 \text{ N}}{219.91 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 2.046 \text{ MPa}$$

Para calcular el factor de diseño producido por el esfuerzo de corte se utiliza la ecuación usando la Teoría de la distorsión.

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{xy}}$$

$$n = \frac{0.577 S_y \cdot \pi \cdot dr \cdot h}{2 \cdot F}$$

$$n = \frac{0.577 \times 360 \text{ MPa}}{2.046 \text{ MPa}} = 101$$

El tornillo de potencia no falla y se encuentra sobredimensionado.

4.15.2 DISEÑO A COMPRESIÓN DEL TORNILLO

En el diseño a compresión se considera el esfuerzo a compresión medio usando la teoría de la energía de la distorsión. Ver tabla 4.4.

$$\sigma(-) = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot p \cdot F}{\pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h} \quad (4.19)$$

Donde:

$\sigma(-)$ = Esfuerzo a compresión medio (Mpa).

p = Paso del tornillo [mm^2].

F = Peso del motor + estructura cola de milano [N].

d = Diámetro exterior del tornillo [mm].

dr = Diámetro menor del tornillo [mm].

h = Altura de la tuerca [10 mm].

Reemplazando los valores en la ecuación (4.19) se obtiene el torque de subida

$$\sigma(-) = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 450}{\pi \cdot (18 - 14^2) \cdot 10} = 1.788 \text{ MPa}$$

El factor de diseño producido por el esfuerzo de compresión se utiliza la ecuación usando la Teoría de la distorsión.

$$n = \frac{S_y \cdot \pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}{4p \cdot F}$$

$$n = \frac{360 \cdot \pi \cdot (18^2 - 14^2) \cdot 10}{4 \cdot 4 \cdot 450} = 201$$

Donde:

S_y = Esfuerzo a la fluencia [Mpa] = 36 [Mpa].

$\sigma(-)$ = Esfuerzo a compresión medio (Mpa).

Los factores de seguridad son elevadamente altos lo que indica que está sobredimensionado el tornillo.

4.16 DISEÑO DE LA TUERCA

La tuerca se fabrica con un bronce dulce SAE 65 recomendado para este tipo de aplicaciones.

4.16.1 DATOS INICIALES

En la tabla 4.6 se presentan los valores iniciales para el cálculo:

Tabla 4.6 Valores iniciales de cálculo

Denominación	Símbolo	Valor	Unidad
Diámetro	d	18	[mm]
Paso	p	4	[mm]
Diámetro medio	d_m	$dm = d - \frac{p}{2} = 16$	[mm]
N° de Entradas	N	1	[und]
Altura	h	10	[mm]
Diámetro interior	d_r	$dr = d - p/2 = 14$	[mm]
Avance	l	$l = n \times p = 1 \times 4$	[mm]

Fuente: Propia

4.17 DISEÑO ESTÁTICO

Al igual que el tornillo de potencia en la tuerca del collarín se consideran esfuerzos de corte y compresión.

4.17.1 DISEÑO A CORTE

Para el diseño de la rosca a corte se considera el esfuerzo cortante medio; este esfuerzo medio se calcula con la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot h} \quad (4.20)$$

Donde:

F = Peso del motor + estructura cola de milano [N].

d = Diámetro de la tuerca [mm].

h = Altura de la tuerca [10 mm].

Reemplazando los valores en la ecuación (4.20) se obtiene el torque de subida

$$\tau = \frac{2 \cdot 450 \text{ N}}{\pi \cdot 18 \cdot 10 \text{ mm}^2} = 1.59 \text{ [Mpa]}$$

El factor de seguridad para el cortante viene dado por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{0.577 S_y \cdot \pi \cdot d \cdot h}{2 \cdot F}$$

$$n = \frac{0.577 \times 136 \text{ [MPa]} \times \pi \times 18 \times 10 \text{ mm}^2}{2 \times 450 \text{ [N]}} = 49$$

4.17.2 DISEÑO A COMPRESIÓN

Se considera el esfuerzo a compresión medio gobernado por la ecuación:

$$\sigma(-) = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot p \cdot F}{\pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h} \quad (4.21)$$

Donde:

$\sigma(-)$ = Esfuerzo a compresión medio (Mpa).

p = Paso de la tuerca [mm^2].

F = Peso del motor + estructura cola de milano [N].

d = Diámetro de la tuerca [mm].

dr = Diámetro menor de la tuerca [mm].

h = Altura de la tuerca [10 mm].

Reemplazando en la ecuación (4.21) se tiene:

$$\sigma(-) = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 4 \text{ [mm]} \cdot 450 \text{ [N]}}{\pi \cdot (18^2 - 14^2) \text{ [mm}^2\text{]} \cdot 10 \text{ [mm]}} = 1.788 \text{ MPa}$$

El factor de diseño para el diseño a compresión viene dado por la ecuación:

$$n = \frac{S_y \cdot \pi \cdot (d^2 - dr^2) \cdot h}{4p \cdot F} \quad (4.22)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma(-)}$$

Donde:

S_y = Esfuerzo a la fluencia [Mpa] = 36 [Mpa].

$\sigma(-)$ = Esfuerzo a compresión medio (Mpa).

Reemplazando en la ecuación (4.22) se tiene:

$$n = 201$$

Los factores de seguridad se encuentran considerablemente altos por lo que asegura el diseño e indica que la tuerca se encuentra sobredimensionada.

4.18 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

4.18.1 DATOS INICIALES

En la tabla 4.7 se presentan los valores iniciales para el cálculo:

Tabla 4.7 Parámetros de diseño del mecanismo de giro

Denominación	Símbolo	Valor	Unidad
Tiempo para torque de	t ₁	0.5	[s]
Tiempo para torque de	t ₂	10	[s]
Angulo de giro	θ	3,1416	[rad]
		180	[°]
Masa de la mesa	m	93.96	[kg]
Largo de la mesa	a	0,8	[m]
Ancho de la mesa	b	0,15	[m]
Espesor de la mesa	a	0,1	[m]

Fuente: Propia

Para el torque de arranque es estimando el tiempo que se tardará en iniciar el movimiento de giro.

En el torque de operación se tomará en cuenta el tiempo en el cual transcurre el movimiento de giro.

El ángulo de giro se refiere la rotación de la mesa que báscula alrededor de su eje, este parámetro es un valor que se encuentra en los rangos requeridos para la nivelación del filo de la cuchilla.

La masa de la mesa se ha determinado mediante el cálculo del volumen de las dimensiones del mismo; han sido realizadas físicamente y en función del peso específico del acero A-36.

4.18.2 INERCIA ROTACIONAL

Por facilidad de cálculo se considera a la mesa como un cuerpo sólido completo; por lo tanto, el momento de inercia para un prisma rectangular está dado por la ecuación:

$$I = \frac{1}{12} m (b^2 + c^2) \quad (4.23)$$

Donde:

I= Inercia rotación al respecto aleje de giro [kgm²].

m=Masa de la mesa [kg].

b= Ancho de la mesa [m].

c = Espesor de la mesa [m].

Reemplazando los valores de la ecuación (4.23) se obtiene el momento de inercia:

$$I= 0.2626\text{kg.m}^2$$

4.18.3 ACELERACIÓN ANGULAR¹⁶

Este cálculo se analiza con los dos valores del tiempo, para el torque de arranque y operación.

¹⁶SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 1213, tabla E-18

La ecuación que determina la aceleración angular es:

$$\alpha_1 = \frac{2\theta}{t_1^2} \quad \alpha_2 = \frac{2\theta}{t_2^2} \quad (4.24)$$

Donde:

α =aceleración angular [rad/s²]

Θ =ángulo de giro [rad]

t= tiempo [s]

4.18.3.1 Aceleración angular de arranque

Reemplazando los valores de la ecuación (4.24) con el tiempo de arranque se obtiene la aceleración angular de arranque:

$$\alpha_1=25.13\text{rad/s}^2$$

4.18.3.2 Aceleración angular de operación

Reemplazando los valores de la ecuación (4.24) con el tiempo de operación de la tabla 3.1 se obtiene la aceleración angular de operación:

$$\alpha_2=0.06\text{rad/s}^2$$

4.18.4 TORQUE DE GIRO

Este cálculo se lo realiza tanto con los valores de la aceleración de arranque como son los de operación. El torque necesario para girar en torno a un eje fijo es:

$$T = I x \alpha \quad (4.25)$$

Donde:

T= Torque de giro [N.m]

I= Inercia rotación al respecto al eje de giro [kg.m²]

4.18.4.1 Torque de arranque

Sustituyendo los valores de la ecuación (4.25) con la aceleración de arranque obtenida se tiene el valor del torque de arranque:

$$T_1 = 7.6N.m$$

4.18.4.2 Torque de operación

Sustituyendo los valores de la ecuación (4.25) con la aceleración de operación calculada se obtiene el valor del torque de operación:

$$T_2 = 0.015Nm$$

El torque que se requiere para girar la mesa es T_1 , y es igual al torque de salida (T_s) que se debe generar en la salida del tornillo sinfín.

4.18.5 POTENCIA DE SALIDA

La potencia de salida está en función del mayor torque T_1 y la velocidad angular ω_2 , es decir, cuando inicia el movimiento del conjunto y se expresa por la ecuación:

$$P_s = T_1 \cdot \omega_2 \quad (4.26)$$

Donde:

P_s = Potencia de salida [kW]

ω_2 = Velocidad angular [rad/s²]

T_1 =Torque de arranque [N.m]

El cálculo de la velocidad angular ω_2 se determina por la igualdad:

$$\omega_2 = \frac{\alpha_2 x t_2}{2} \quad (4.27)$$

t_2 =Tiempo de operación [s]

Sustituyendo valores en la ecuación (4.27) se obtiene la velocidad angular

$$\omega_2 = 0.31 \text{ rad/s}$$

Reemplazando valores en la ecuación (4.26) y se obtiene la potencia de salida:

$$P_S = 2.356 \text{ W (0.0037 hp)}$$

4.18.6 TORQUE DE ENTRADA

Para calcular el torque de entrada se asume una fuerza de aplicación F_e del operador que va a manipular el mecanismo, y considerando que el volante acoplado en el tornillo sin fin tiene un diámetro de 0,15 m. ¹⁷

$$T = F \times r \quad (4.28)$$

Donde:

T = Torque de salida [N.m]

F = Fuerza aplicada (F_e) [N]

r = Radio del volante [m]

Se asume una fuerza de aplicación por el operario de **9.5N** \approx 2.13 lbf.

El valor asumido es tomando en cuenta una fuerza razonable que pueda aplicar el operario.

Reemplazando los valores de la ecuación (4.28) se tiene el torque de entrada:

$$T_E = 0.71 \text{ N.m}$$

4.18.7 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Donde:

$$i = \frac{T_s}{T_E} \quad (4.29)$$

¹⁷El valor considerado es tomando en cuenta el espacio requerido y la ergonomía del operador

i = Relación de transmisión.

T_S =Torque de salida [N.m].

T_E =Torque de entrada [N.m].

Sustituyendo los valores de la ecuación (4.29) se obtiene la relación de transmisión:

$$i = 10:1$$

4.18.8 POTENCIA DE DISEÑO

La potencia de diseño considera un factor de servicio k_1 que aumenta la potencia a transmitir en función de las características de la máquina. Y responde a la siguiente expresión:

$$H_o = P_s \times k_1 \quad (4.30)$$

Donde:

H_o = Potencia de diseño [kW]

P_s = Potencia de salida [kW]

K_1 = Factor de servicio¹⁸

Se selecciona como factor de servicio un valor de $k_1=1.2$ por cuanto el trabajo que realiza se enmarca en soporte de maquinaria ligera impulsada con transmisión.

Reemplazando valores en la ecuación (4.30) se obtiene la potencia de salida:

$$H_o = 3.28W \text{ (0.0044hp)}$$

¹⁸SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 29, tabla 1-3

4.19 MECANISMO DE CORONA Y TORNILLO SIN FIN

Este sistema permite una velocidad controlada, proporciona un torque elevado en la salida y proporciona un autobloqueo, es decir, una forma segura de mantener la carga sobre la cuchilla en la posición de nivelación y evitar una variación de la posición angular de la mesa.

El mecanismo de tornillo sinfín y corona permite la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares y son utilizados comúnmente por sus altas relaciones de transmisión en comparación con los engranajes cónicos.

Poseen adicionalmente un bajo costo y la posibilidad de auto-bloqueo. Es decir, evitamos ver el eje de entrada a través del eje de salida, algo que no es posible utilizando prototipo de engranajes.¹⁹

Antes de desarrollar el diseño del conjunto corona–sin fin es necesario tener claro la nomenclatura utilizar, para identificar la corona se utiliza el subíndice (**G**) y en el caso del sinfín el subíndice (**W**).

G: Gear: Corona

W: Wear: sin fin

4.19.1 DIÁMETRO MEDIO DE LA CORONA

$$d_g = m \cdot N_g \quad (4.31)$$

Donde:

d_G= Diámetro medio de la corona [mm]

m= Módulo de paso [mm]

N_G= Número de dientes de la corona

¹⁹ PROYECTO, Mecánico. Elevador de Tanques, UNITA, pág. 8

$$m=3 \text{ mm}$$

$$N_G=30 \text{ dientes}$$

Para este análisis el valor del módulo se selecciona los valores normalizados según Diseño de Máquinas Robert Mott (pp.386) segunda edición.

Reemplazando valores en la ecuación (4.31) se obtiene el diámetro medio de corona:

$$d_G=90.00 \text{ mm (3,5 pulg)}$$

4.19.2 PASO DIAMETRAL TRANSVERSAL

$$P_t = \frac{N_g}{d_g} \quad (4.32)$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.32) se obtiene el paso diametral transversal: $P_t=0.33$ dientes /mm (8.46dientes / pulg)

4.19.3 PASO CIRCULAR TRANSVERSAL

$$p_t = \frac{\pi}{P_t} \quad (4.33)$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.33) se obtiene el paso circular transversal igual a:

$$p_t=9.52 \text{ mm (0.374 pulg.)}$$

El paso axial del sinfín(p_x) = El paso circular de la corona(p_t)

$$p_x=p_t=9.52 \text{ mm (0.374 pulg)}$$

4.19.4 GEOMETRÍA DE ACOPLAMIENTO CORONA – SIN FIN

4.19.4.1 Cabeza

$$a = \frac{px}{\pi} \quad (4.34)$$

Donde:

a= Cabeza

px= Paso axial del sinfín [mm]

Reemplazando valores en la ecuación (4.34) se obtiene:

a= 3.00 mm(0.118 pulg.)

4.19.4.2 Raíz

$$b = 1,157 \frac{px}{\pi} \quad (4.35)$$

Donde:

b= Raíz [mm]

Reemplazando valores en la ecuación (4.35) se obtiene:

b= 3.5mm (0.138 pulg)

4.19.4.3 Diámetro exterior de la corona

$$D_g = d_g + 2a \quad (4.36)$$

Donde:

D_G=Diámetro exterior de la corona [mm]

Sustituyendo valores calculados en la ecuación (4.36) se obtiene:

D_G= 96.00 mm (3.8 pulg)

4.19.5 DIÁMETRO DE PASO DEL SINFIN

Determinado el diámetro de la corona se debe asumir un diámetro para el tornillo sinfín y calcular la distancia entre centros.

Se asume un diámetro de paso del sinfín de 26.00mm≈ 1.02pulg.

La distancia entre centros está determinada por la siguiente igualdad:

$$C = \frac{d_w + d_G}{2} \quad (4.37)$$

Donde:

C = Distancia entre centros

d_w = Diámetro de paso del sinfín [mm]

Reemplazando valores en la ecuación (4.37) se calcula la distancia entre centros igual a:

$$C = 58.00 \text{ mm (2.28 pulg)}$$

Asumido el diámetro de paso del sinfín y calculada la distancia entre centros se verifica:²⁰

“En general, el diámetro de paso del sinfín se debe seleccionar a fin de que quede en el intervalo”.

$$\frac{C^{0.875}}{3} \leq d_w \leq \frac{C^{0.875}}{1.7} \quad (4.38)$$

Donde:

C = Distancia entre centros [mm].

d_w = Diámetro de paso del sinfín [mm].

²⁰SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 864

Reemplazando valores en la ecuación (4.38) se obtiene la expresión:

$$11.63 \leq 20 \leq 20.53$$

Por lo tanto d_w cumple la recomendación y es igual a $20\text{mm} \approx 0.79\text{pulg}$

4.19.6 AVANCE Y ÁNGULO DEL SINFÍN

4.19.6.1 Avance del sinfín

$$L = p_x \cdot N_w \quad (4.39)$$

Donde:

L = Avance del sinfín.

p_x = Paso axial del sinfín [mm]

N_w = Número de entradas del sinfín

Se considera un número de entrada para el tornillo sinfín $N_w = 1$

Reemplazando valores en la ecuación (4.39) se obtiene:

$$L = 9.52\text{mm} (0.374 \text{ pulg})$$

4.19.6.2 Ángulo de avance del sinfín

$$\tan \gamma = \frac{L}{\pi d_w} \quad (4.40)$$

Donde:

λ = Ángulo de avance del sinfín

d_w = Diámetro de paso del sinfín [mm]

Reemplazando los valores en la ecuación (4.40) se obtiene:

$$\lambda = 8.61^\circ$$

4.19.7 VELOCIDAD LINEAL DE PASO DE LA CORONA

$$V_G = \frac{\pi \times d_g \times n_g}{12} \left[\frac{ft}{min} \right] \quad (4.41)$$

Donde:

V_G = Velocidad lineal de paso de la corona

n_G = Velocidad de giro de la corona [rpm]²¹

Reemplazando datos en la ecuación (4.41) se obtiene:

$V_G=0.0094$ m/s (1.85 ft/min)

4.19.8 VELOCIDAD LINEAL DE PASO DEL SINFÍN

$$V_w = \frac{\pi \times d_w \times n_w}{12} \left[\frac{ft}{min} \right] \quad (4.42)$$

Donde:

V_W = Velocidad lineal de paso del sinfín [m/s].

n_W = Velocidad de giro del sinfín [rpm]²².

Reemplazando datos en la ecuación (4.42) se obtiene:

$V_W=0.03$ m/s (7.42 ft/min).

4.19.9 VELOCIDAD DE DESLIZAMIENTO

$$V_s = \frac{\pi \times d_w \times n_w}{12 \times \cos \lambda} \left[\frac{ft}{min} \right] \quad (4.43)$$

²¹ ω_2 cambiado a rpm

²²Apartir de n_G mediante la relación de transmisión

Donde:

V_S = Velocidad de deslizamiento [m/s]

Reemplazando datos en la ecuación (4.43) se obtiene:

$V_S=0.03$ m/s (7.64 ft/min)

4.19.10 RELACIÓN DE VELOCIDADES ²³

La relación de velocidades se determina por la expresión:

$$m_g = \frac{N_G}{N_W} \quad (4.44)$$

Donde:

m_g = Relación de velocidades.

N_W = Velocidad de giro del sinfín [rpm].

N_G = Velocidad de giro de la corona [rpm].

Reemplazando datos en la ecuación (4.44) se obtiene:

$m_g= 30:1$

4.19.11 VELOCIDAD TANGENCIAL EN LA CORONA

Existen diferentes factores que modifican la velocidad tangencial en la corona; a continuación se analiza dichos parámetros.

4.19.11.1 Factor de materiales

El factor de materiales C_s se relaciona con el diámetro de la corona D_G y la distancia entre centros C con la siguiente ecuación:

$$C_s = \left\{ \begin{array}{ll} 1000 & c > 3 \quad d_G \leq 25 \text{ pulg} \\ 1251 - 180 \log d_G & c > 3 \quad d_G > 25 \text{ pulg} \end{array} \right\} \quad (4.45)$$

²³SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica.6ta. Edición. p. 988

De la ecuación (4.45) se analiza los resultados previamente calculados, el dato obtenido se enmarca en el primer caso y se tiene que:

$$C_S=1000$$

4.19.11.2 Factor de corrección de relación

El factor de corrección de relación C_m está dado por:

$$C_m = \left\{ \begin{array}{ll} 0.002\sqrt{-m_G + 40m_G - 76} + 0.46 & 3 < m_G \leq 20 \\ \frac{0.0107\sqrt{-m_G + 56m_G + 5145}}{11483 - 0.00658m_G} & \begin{array}{l} 20 < m_G \leq 76 \\ m_G > 76 \end{array} \end{array} \right\} \quad (4.46)$$

De la ecuación (4.46) se analiza los resultados previamente calculados, se enmarca en el primer caso, se reemplaza los valores y se tiene que:

$$C_m=0.4684$$

4.19.11.3 Factor de velocidad

El factor de velocidad C_v se obtiene mediante:

$$C_v = \left\{ \begin{array}{ll} 0.659 \exp(-0.0011V_s) & V_s < 700 \left[\frac{ft}{min} \right] \\ 13.31 V_s^{-0.571} & 700 < V_s < 3000 \left[\frac{ft}{min} \right] \\ 65.52 V_s^{-0.774} & V_s > 3000 \left[\frac{ft}{min} \right] \end{array} \right\} \quad (4.47)$$

De la ecuación (4.47) se analiza los resultados previamente calculados, el dato obtenido se enmarca en el primer caso, se reemplaza los valores y se tiene que:

$$C_v=0.6540$$

4.19.11.4 Coeficiente de fricción

El movimiento relativo entre dientes del sinfín y de la corona es deslizamiento puro y por consiguiente la fricción tiene una función importante en el desempeño de engranes de tornillo sin fin. El coeficiente de fricción f viene dado como:

$$f = \left\{ \begin{array}{ll} 0.15 & V_s = 0 \left[\frac{ft}{min} \right] \\ 0.124 \exp(-0.074V_s^{-0.645}) & 0 < V_s \leq 10 \left[\frac{ft}{min} \right] \\ 0.103 \exp(-0.11V_s^{-0.450}) & V_s > 10 \left[\frac{ft}{min} \right] \end{array} \right\} \quad (4.48)$$

De la ecuación (4.48) se analiza los resultados previamente calculados y se tiene que:

$$f=0.1216$$

4.19.11.5 Eficiencia mecánica

Cuando el tornillo sinfín impulsa el engrane la eficiencia mecánica e_w está dada por:

$$e_w = \frac{\cos\varphi_n - f \tan \lambda}{\cos\varphi_n + f \cot \lambda} \quad (4.49)$$

Donde:

e_w = Eficiencia mecánica ²⁴

Φ_n = Ángulo depresión (20°)²⁵

Reemplazando datos en la ecuación (4.49) se obtiene:

$$e_w=0.528$$

El valor de eficiencia mecánica de aproximadamente 53% es un valor aceptable para la transmisión de fuerza y movimiento entre rueda y sin fin, este porcentaje

²⁴SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 884.

²⁵Ibid. p. 844, tabla 13-5

es necesario para determinar la fuerza que transmite la corona al resto del sistema.

La magnitud de la fuerza transmitida por la rueda W_G^t se relaciona con la potencia de salida H_o , la aplicación del factor K_a , y con la eficiencia e_w mediante:

$$W_G^t = \frac{33000 n_d H_o K_a}{V_G e_w} \quad (4.50)$$

Donde:

n_d = Factor de diseño o factor de servicio²⁶

K_a = Factor de sobrecarga $(1)^{27}$

W_G^t = Fuerza transmitida por la rueda [lbf]

V_G = Velocidad de Engranaje [ft/min]

H_o = Potencia [Hp]

El factor de sobrecarga K_a se considera igual a 1 debido a que el carácter de movimiento principal es uniforme.

Reemplazando valores en la ecuación (4.50) se obtiene la fuerza transmitida por la rueda:

$$W_G^t = 602.28 [N] \quad (135.4 [lbf])$$

4.19.12 ANCHO DE CARA EN LA CORONA

4.19.12.1 Ancho de cara requerido en la corona

La fuerza tangencial se relaciona con otros parámetros mediante:

$$(F_{req}) = \frac{W_G^t}{C_s d_G^{0.8} C_m C_v} \quad (4.51)$$

²⁶SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. P. 29, tabla 1-3

²⁷Ibid. P. 967, tabla 15-2

Donde:

F (req)= Ancho de cara requerido en la corona [mm]

Sustituyendo valores en la ecuación (4.51) se obtiene el ancho de cara requerido:

$$F_{(req)} = 4.06mm(0.16 \text{ pulg})$$

4.19.12.2 Ancho de cara real en la corona

El ancho efectivo de cara en la corona (ancho de cara real F) no debe exceder de la siguiente recomendación:

$$(F_{req}) \leq F \leq \frac{2 d_w}{3} \quad (4.52)$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.52) se obtiene la siguiente expresión:

$$0.16 \leq F \leq 0.682$$

Por lo tanto se selecciona como ancho de cara real de corona

$$F = 0.5 \text{ [plg]} \quad (12.7[mm])$$

4.19.13 FACTORES DE SEGURIDAD EN LA CORONA

4.19.13.1 Factor de seguridad estático

$$\sigma = \frac{K_v \cdot W_G^t \cdot p_t}{F \cdot Y}$$

$$n = S_y / \sigma$$

$$n = \frac{S_y \cdot F \cdot Y}{W_G^t \cdot P_t} \quad (4.53)$$

Donde:

S_y = Límite de fluencia del material [Mpa]

Y = Factor de forma de Lewis²⁸

F = 12.7 [mm]

W_G^t = 135.4 [N]

p_t = 0.33 [dientes/mm]

Para el análisis se tomará los datos de las características del material de tablas de bronce:

$$S_{yt} = 250 \text{ Mpa} \quad 36.25 \text{ kPSi} \quad (\text{SAE } 65)$$

$$S_y = 0.8 S_{yt} = 200 \text{ [Mpa]}$$

$$Y = 0.359$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.53) se obtiene el factor de seguridad estático:

$$n = 4.58$$

El dato obtenido es mayor que 1, por cuanto se considera como un diseño seguro y confiable.

4.19.13.2 Factor de seguridad dinámico

$$n = \frac{S_y \cdot K_v \cdot F \cdot Y}{W_G^t \cdot P_t} \quad (4.54)$$

Donde:

K_v = Factor dinámico²⁹.

p_t = Paso diametral transversal [plg].

El factor dinámico K_v está dado por la siguiente identidad:

$$K_v = \frac{1200 + V_G}{1200} \quad (4.55)$$

²⁸SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 910, tabla 14-2

²⁹SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 910

Resolviendo la ecuación (4.55) y reemplazando valores en la ecuación (4.54) se obtiene el factor de seguridad dinámico:

$$n = 5.04$$

El dato obtenido supera el valor mínimo que es 1, por cuanto se considera un diseño seguro.

4.19.13.3 Durabilidad de la superficie

Aquí se analiza la falla de la superficie de los dientes de los engranes, al desgaste que se presenta debido a esfuerzo cíclicos de contacto elevado.

El factor de seguridad que protege contra la falla por picadura corresponde a:

$$S_H = \frac{\sigma_{c,per}}{\sigma_c} \quad (4.56)$$

Donde:

$\sigma_{c,per}$ = Resistencia al contacto completamente corregida

σ_c = Esfuerzo de contacto sometido

$$\sigma_{c,per} = \frac{S_C Z_N C_H}{K_T K_R} \quad (4.57)$$

La resistencia al contacto completamente corregida está precedida por la expresión:

Donde:

S_C = Esfuerzo de contacto permisible ³⁰

Z_N = Factor de vida de ciclos de esfuerzos ³¹

³⁰ SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. 6ta. Edición. p. 922, fig. 14-5

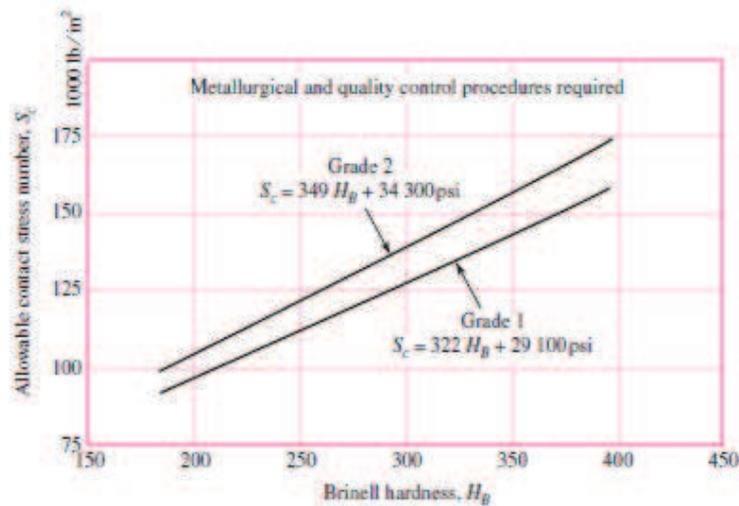
³¹ Ibid. p. 935, fig. 14-15

CH = Factor de la relación de durezas para resistencia a la picadura ³²

KT = Factor de temperatura ³³

KR = Factor de confiabilidad ³⁴

Tabla 4.8 Diagrama de esfuerzo permisible



Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008,pág 625

Si es Grado 1 según la tabla 4.8 tenemos:

$$S_c = 322 HB + 29100 \text{ psi} \quad (4.58)$$

Donde:

HB= Dureza Brinell [90-80]

Sustituyendo en la ecuación:

$$S_c = 58.08 \text{ Kpsi}$$

³²Ibidp. 933

³³Ibidp. 973

³⁴Ibid. p. 935, tabla14-10

En la tabla 4.9 se presenta las consideraciones para el cálculo.

Tabla 4.9 Consideraciones de cálculo

SC: Esfuerzo de contacto permisible[kPsi]	58.08
Z _N :Factor de vida de ciclos de esfuerzos	1.1
CH:Factor de la relación de durezas para resistencia a la picadura	1
K _T : Factor de temperatura.	1
K _R :Factor de confiabilidad	1

Fuente: Propia

Sustituyendo valores en la ecuación (4.57) se tiene:

$$\sigma_{c, per} = 440.43 \text{ Mpa} \quad (63.88 \text{ kpsi})$$

El esfuerzo de contacto sometido está gobernado por la relación siguiente:

$$\sigma_c = C_p \sqrt{W_G^t K_o K_v K_s \frac{K_m C_f}{d_w F I}} \quad (4.59)$$

La tabla 4.10 muestra los valores del coeficiente elástico dependiendo el material usado.

Tabla 4.10 Coeficiente elástico

Table 14-8
Elastic Coefficient C_p (Z_E , $\sqrt{\text{psi}}$ ($\sqrt{\text{MPa}}$) Source: AGMA 218.01

Pinion Material	Pinion Modulus of Elasticity E_p psi (MPa)*	Gear Material and Modulus of Elasticity E_G , lbf/in ² (MPa)*					
		Steel 30×10^6 (2×10^5)	Malleable Iron 25×10^6 (1.7×10^5)	Nodular Iron 24×10^6 (1.7×10^5)	Cast Iron 22×10^6 (1.5×10^5)	Aluminum Bronze 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Tin Bronze 16×10^6 (1.1×10^5)
Steel	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Malleable iron	25×10^6 (1.7×10^5)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Nodular iron	24×10^6 (1.7×10^5)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Cast iron	22×10^6 (1.5×10^5)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Aluminum bronze	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Tin bronze	16×10^6 (1.1×10^5)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

Poisson's ratio = 0.30.
*When more exact values for modulus of elasticity are obtained from roller contact tests, they may be used.

Fuente: Shygley E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008,pág 685

Donde:

C_p =Coeficiente elástico ³⁵

K_O =Factor de sobrecarga ³⁶

K_V =Factor dinámico

K_S =Factor de tamaño ³⁷

K_M =Factor de distribución de carga ³⁸

C_f =Factor de condición superficial ³⁹

I = Factor geométrico ⁴⁰

³⁵SHIGLEY, Joseph .Diseño en Ingeniería Mecánica.8ta. Edición. p. 928, tabla14-8

³⁶Ibid. p. 736, tabla15-2

³⁷Ibid. p. 737

³⁸Ibid. p. 738

³⁹Ibid. p. 736

⁴⁰Ibid. p. 730-774

La tabla 4.11 muestra los valores consideras para el cálculo.

Tabla 4.11 Consideraciones de cálculo

C _p :Coeficiente elástico[psi]	1950
K _O : Factor de sobrecarga.	1
K _v : Factor dinámico	1.1
K _s :Factor de tamaño	1
K _m :Factor de distribución de carga	1.195
C _f : Factor de condición superficial.	1
I: Factor geométrico	0.119

Fuente: Propia

Sustituyendo valores en la ecuación (4.59) se tiene:

$$\sigma_c = 736.36 \text{ Mpa} \quad (106.80 \text{ kpsi})$$

Reemplazando los valores calculados previamente de las ecuaciones (4.59) y (4.57), se sustituyen estos en la ecuación (4.56) y se obtiene el factor de seguridad de durabilidad superficial igual a:

$$S_H = 1.67$$

4.19.14 EJE DEL TORNILLO SIN FIN

$$W_{Wt} = -W_{Ga} = W^X$$

$$W_{Wr} = -W_{Gr} = W^Y$$

$$W_{Wa} = -W_{Gt} = W^Z$$

De los resultados obtenidos previamente y particularmente de la fuerza tangencial transmitida por la corona se relaciona las siguientes igualdades⁴¹

⁴¹SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica.6ta. Edición. p. 877

⁴²Donde:

W_t = Carga tangencial [N]

W_r = Carga radial [N]

W_a = Carga axial [N]

Las fórmulas para encontrar las cargas en los ejes del sistema de coordenadas son:

$$W_X = W \cos\Phi \sin\lambda \quad (4.60)$$

$$W_X = W \sin\Phi \quad (4.61)$$

$$W_Z = W \cos\Phi \cos\lambda \quad (4.62)$$

Empleando las ecuaciones (4.60) y (4.61) se obtiene:

$$W_x = 84.72 \text{ N}$$

$$W_y = 206.00 \text{ N}$$

$$W_z = 559.57 \text{ N}$$

Al resumir lo obtenido tenemos la tabla 1.12.

Tabla 4.12 Resumen de las fuerzas que actúan en la corona y en el sin fin

W^X	Fuerza axial	Corona	W_{Ga}	84.72N
	Fuerza tangencial	Sin fin	W_{Wt}	84.72N
W^Y	Fuerza radial	Corona	W_{Gr}	206.00N
	Fuerza radial	Sin fin	W_{Wr}	206.00N
W^Z	Fuerza tangencial	Corona	W_{Gt}	559.57N
	Fuerza axial	Sin fin	W_{Wa}	559.57N

Fuente: Propia

⁴²Tome en cuenta la mencionado en e l numeral con respecto a los subíndices W y G.

4.19.14.1 Reacciones en el plano X-Y

Resolviendo el sistema de fuerzas en el DCL y teniendo en cuenta que el Torsor generado es concentrado es $M_{Wx} = W^x \cdot \left(\frac{d_w}{2}\right)$, se obtiene los diagramas de cortante y momento flector. Ver figura 4.16.

$$M_{max} = 84.72 \frac{26}{2} = 1101.36 [N.mm]$$

Considerando condiciones de equilibrio se obtiene:

$$\sum MA = 0$$

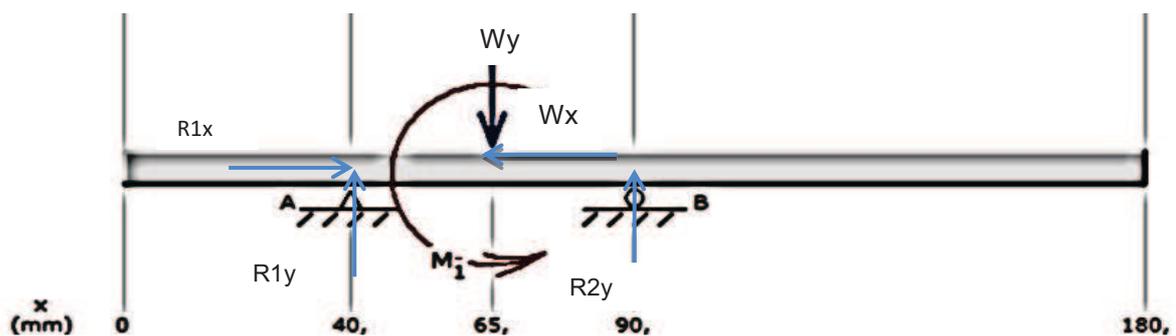
$$0 = -206(0.025) - R2y(0.05) + 1.01$$

$$R2y = -81.00 [N]$$

$$\sum Fy = 0$$

$$0 = R2y + R1y - Wy$$

$$R1y = 125.00 [N]$$



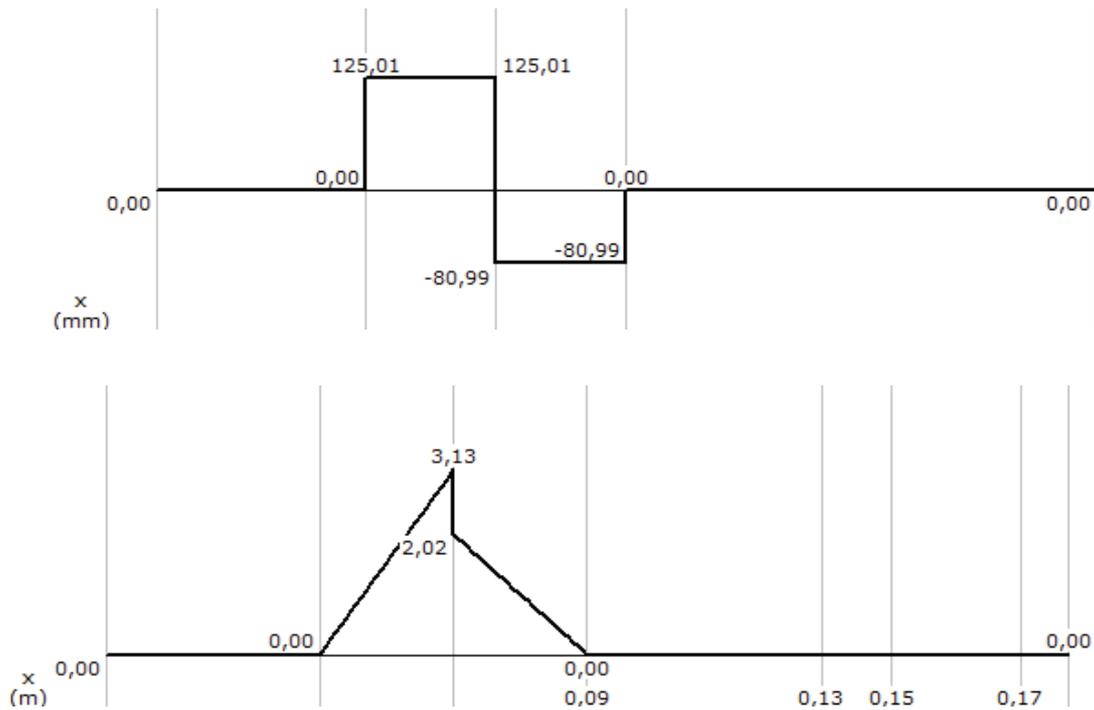


Figura 4.16 Diagrama del cortante y el momento flector para la corona y el sinfín plano xy

Fuente: Propia

Al analizar los diagramas de la figura 4.16 tenemos.

El cortante máximo es de 125 [N] y el momento flector máximo es de 3.13 [N.m] y es 0.025[m]

4.19.14.2 Reacciones del plano X-Z

Resolviendo el sistema de fuerzas indicadas en el D.C.L y sabiendo que el torsor generado es $T = W_z \cdot \left(\frac{dw}{2}\right)$ se obtienen los diagramas de cortante, flector y torsor. Ver figura 4.17.

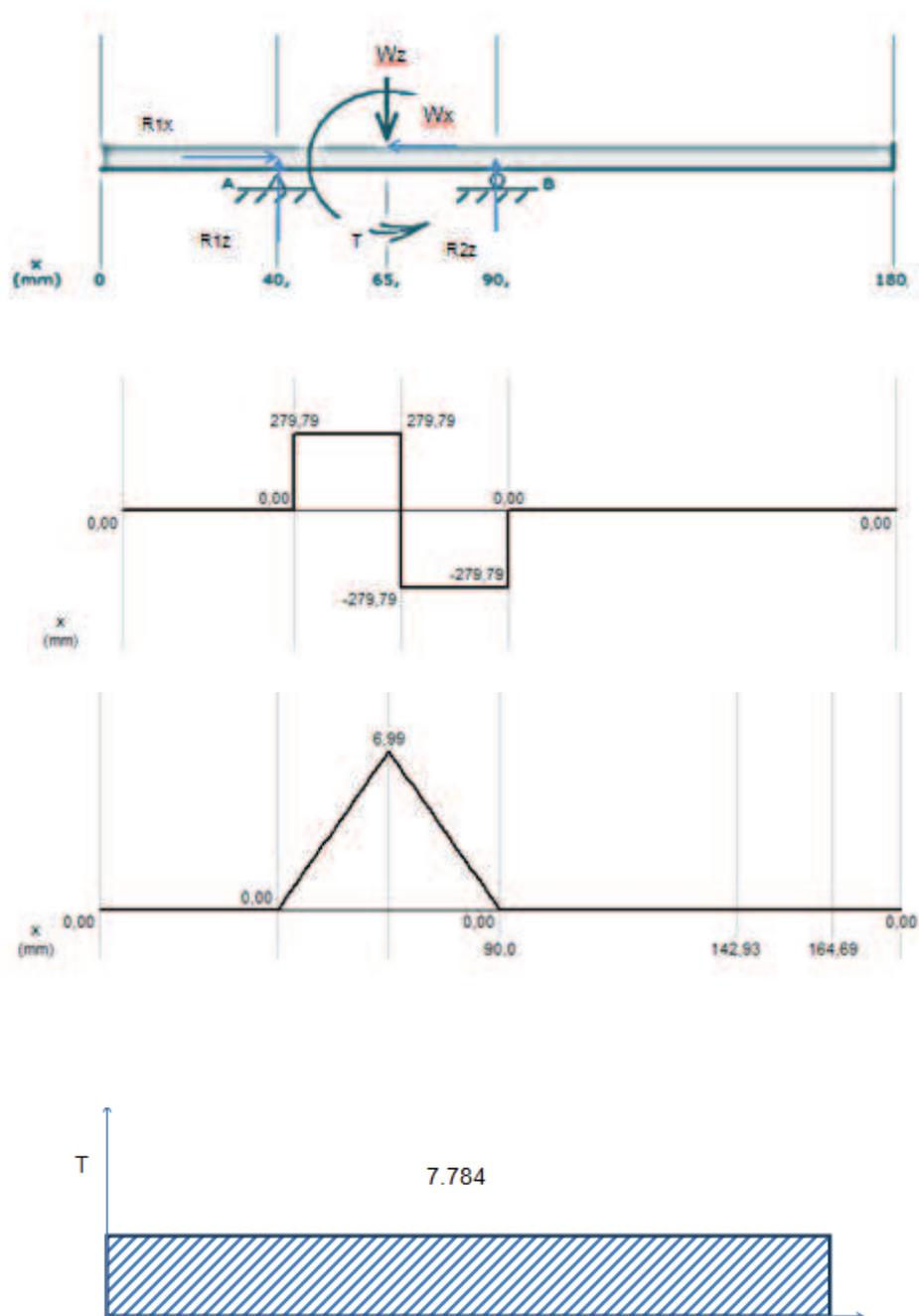


Figura 4.17 Diagrama del cortante, flector y torsor para la corona y el sinfín plano xz

Fuente: Propia

$$T = 559.57 \left(\frac{26}{2} \right) = 7274.41 [N. mm]$$

Considerando condiciones de equilibrio se obtiene:

$$\begin{aligned}\sum MA &= 0 \\ 0 &= -559.57(0.025) + R_{2z}(0.05) \\ R_{2y} &= 279.78 \text{ [N]} \\ \sum Fy &= 0 \\ 0 &= R_{2z} + R_{1z} - W_z \\ R_{1z} &= 279.79 \text{ [N]}\end{aligned}$$

El cortante máximo es de 279.79 [N] y el momento flector máximo es de 6.99 [N.m] y es 0.025[m]

4.19.14.3 Diámetro del eje del gusano o tornillo sin fin

$$d = \left[32 \frac{n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (4.63)$$

Donde.

n= Factor de seguridad

M= Momento Resultante [N.m]

Se= Límite de resistencia a la fatiga⁴³ [Mpa]

Sy= Límite a la fluencia (AISI1040) [Mpa]

De los diagramas antecesores se concluyen los cortantes y momentos máximos con lo cual se obtiene el los resultantes:

$$\begin{aligned}M_{xy} &= 3.13 \text{ [N.m]} \\ M_{xz} &= 6.99 \text{ [N.m]} \\ \mathbf{M} &= \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \quad (4.64)\end{aligned}$$

⁴³ SHIGLEY, Joseph, Diseño de Ingeniería Mecánica, 8 ta Edición pág. 379

Aplicando la ecuación (4.64) se obtiene:

$$M = 7.65 [N.m]$$

Luego, se determina el límite de resistencia a la fatiga mediante la siguiente relación:

$$Se = Ka Kb Kc Kd Ke Se' \quad (4.65)$$

Donde:

Ka= Factor de modificación de la condición superficial.

Kb= Factor de modificación del tamaño.

Kc= Factor de modificación de carga.

Kd= Factor de modificación de Temperatura

Ke= Factor de modificación de efectos varios.

Se'= Límite de resistencia a la fatiga de viga rotatoria.

$$Ka = a Sut^b \quad (4.66)$$

$$Se' = 0.506 Sut \quad (4.67)$$

En la tabla 4.13 se presentan los parámetros considerados para el diseño

Tabla 4.13 Parámetros de diseño

Surface Finish	$k_a = a S_{ut}^b \ln(1, C)$			Coefficient of Variation, C
	kpsi	MPa	b	
Ground*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Machined or Cold-rolled	2.67	4.45	-0.265	0.058
Hot-rolled	14.5	58.1	-0.719	0.110
As-forged	39.8	271	-0.995	0.145

Fuente: Shygly E, Mechanical Engineering Design, 8 ed, MC-Gra Hill 2008,pág 111

Asumiendo un factor de ignorancia de 2 y basándonos en la tabla 4.13, al desarrollar las ecuaciones (4.64), (4.65), (4.66) y (4.67) y sustituyendo en la ecuación (4.63) se obtiene:

$$Ka = (4.45)630^{-0.265} = 0.8063$$

$$Se' = (0.506).(630) = 318.78 [Mpa]$$

$$Se = 257.05 [Mpa]$$

$$D = 0.0090[m]$$

4.19.15 ESTRUCTURA SOPORTE (BASTIDOR DE RECTIFICADORA)

La estructura de acero debe ser tal que soporte el peso del sistema mecánico de corte, la mesa, la fuerza que ejerce la muela sobre la cuchilla, la rotación de la mesa y su peso propio. Ver tabla 4.14

Para el análisis de las fuerzas que se ejercerán sobre los elementos del prototipo se considera una fuerza equivalente de 3000 [N] debido al peso que va a soportar la estructura base.

Tabla 4.14 Pesos de elementos del prototipo

• Peso de la placa base	45 [kg]
• Peso de la placa superior	25 [kg]
• Peso de la mesa	170 [kg]
• Peso de carcasa izquierda y derecha	45 [kg]
• Peso de la correderas de nivelación	6 [kg]
• Peso de placas de refuerzo	2 [kg]
• Peso propio de la estructura	200 [kg]
• Fuerza de empuje	130 [kg]
• Peso del motor, sistema cola de milano	45 [kg]
• Peso del avance automático	10 [kg]
• Peso de chumaceras y cojinetes	5 [kg]
	$\Sigma = 698 [kg]$

Fuente: Propia

De la sumatoria anterior se le añade un diez por ciento tomando en cuenta un estimado de pesos para la soldadura, pernos, sistema de refrigeración y se obtiene una fuerza equivalente de 767.8 [kg]

La fuerza que actúa sobre la estructura constituida por dos vigas se divide para dos debido a que es simétrica y la carga se distribuye a los 2 extremos, es decir, a las dos vigas.

$$W = \frac{Ft}{L} \quad (4.68)$$

Donde:

Ft = Fuerza total que actúa sobre la viga [N]

L = longitud de la viga [m]

Reemplazando los datos en la ecuación (4.67) se obtiene:

$$W_2 = 3.83 \frac{kN}{m}$$

El valor calculado de la carga distribuida se usara en el diseño de la viga. Ver figura 4.18.

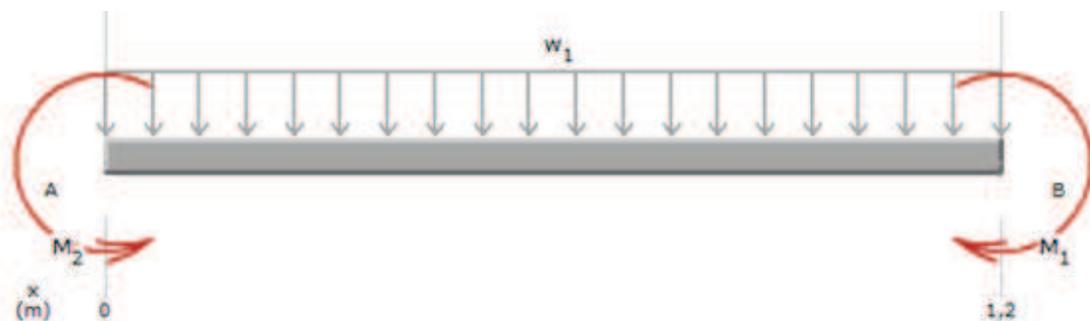


Figura 4.18 Diagrama de Cuerpo Libre de Viga de Estructura de Afiladora

Fuente: Propia

$$\sum Fy = 0$$

$$V1 = V2 = \frac{W1 \cdot L}{2}$$

Donde:

V1= Reacción vertical en (A)

V2= Reacción vertical en (B)

W1= Carga distribuida (N/m)

L= Longitud de la viga [m]

$V1 = V2 = 2298 \text{ N}$ Tal como se observa en la figura 4.19.

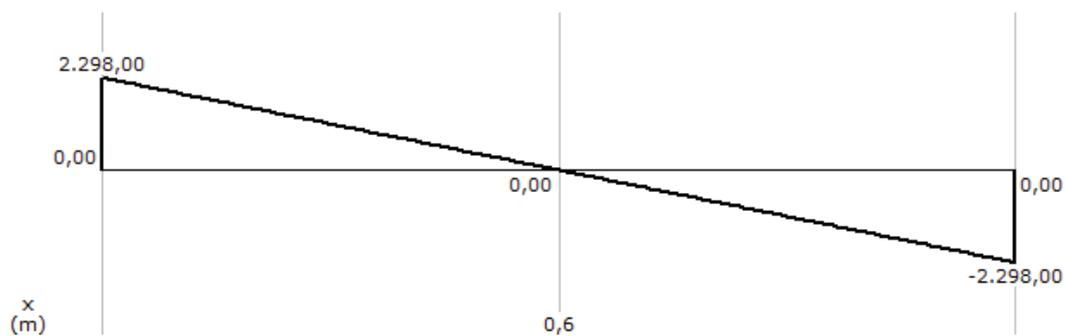


Figura 4.19 Diagrama de Cortante de Viga de Estructura de Afiladora

Fuente: Propia

$$\sum MA = 0 (+\uparrow)$$

$$Mmáx = \frac{W1}{12} (6 \cdot L \cdot x - 6 \cdot x^2 - L)^2$$

Donde:

W1= Carga distribuida (N/m)

L= Longitud de la viga [m]

x= distancia desde A hacia B [m]

Para $Mmáx \rightarrow x=L/2$

$$M_{\text{máx}} = 294.14 \text{ [N.m]}$$

$$M_1 = M_2 = Wl \cdot \frac{L^2}{12}$$

$M_1 = M_2 = -456.8 \text{ [N.m]}$ Tal como se observa en la figura 4.20.

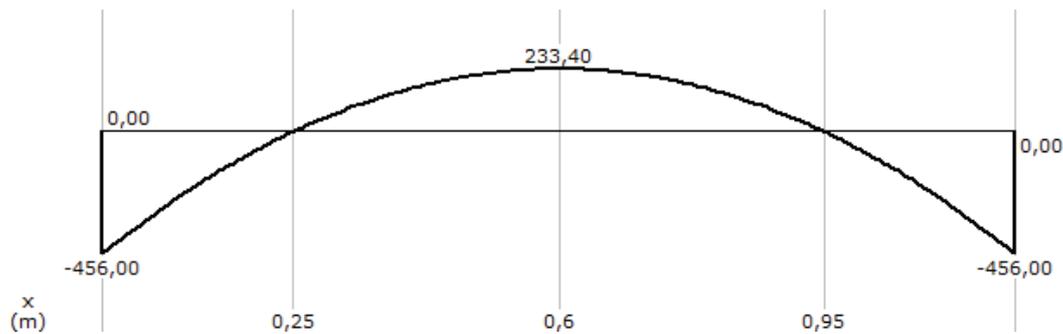


Figura 4.20 Diagrama de Momento Flector de Viga de Estructura de Afiladora

Fuente: Propia

4.19.16 DISEÑO DE LA VIGA DE ESTRUCTURA

$$\sigma \leq \sigma_{\text{máx}}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}}}{S_{xx}} \quad (4.69)$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$ = Momento flector máximo = 294.14 [N.m]

S_{xx} = Momento de inercia o módulo de la sección [m^3]

σ = Esfuerzo [MPa]

También se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{máx}}} \quad (4.70)$$

$n =$ factor de seguridad = 2

$S_y =$ esfuerzo a la fluencia [Mpa]

$\sigma =$ Esfuerzo máximo [Mpa]

Para un acero ASTM A-36 se tiene un:

$S_y=250$ [Mpa]

$$\sigma = 125 \text{ [Mpa]}$$

Sustituyendo en la ecuación (4.69) se obtiene:

$$S_{xx} = \frac{294140.8 \text{ [N. mm]}}{100 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}$$

$$S_{xx} = 2941.40 \text{ mm}^3$$

Seleccionando un perfil cuadrado de 50x50x4 cuyas propiedades y características geométricas se detallan en la tabla 4.15.

Tabla 4.15 Propiedades de un perfil cuadrado

Denominación	Símbolo	Medida	Unidad
Altura	h	50	[mm]
Ancho	s	50	[mm]
Módulo de sección en eje xx	Sxx	12.73	[cm ³]
Módulo de sección en eje yy	Syy	10.45	[cm ³]
Peso por unidad de longitud	Wc	5.52	[kg/m]
Momento de inercia	Ixx	26.2	[cm]

Fuente: Propia

Sustituyendo los valores del perfil seleccionado se determina el factor de seguridad:

$$n = 2.89$$

Esto indica que la estructura no falla

Para verificar la deflexión admisible de la estructura se aplica la siguiente fórmula debido "... donde se porta maquinaria delicada y precisa, las deflexiones máximas tienen que estar dentro del rango $L/1500 < x < L/2000$ de la luz de la viga"⁴⁴

$$\frac{L}{2000} < deflexión = Y < \frac{L}{1500} \quad (4.71)$$

Con la longitud de la viga y reemplazando los valores correspondientes a la ecuación (4.70) se obtiene:

$$6 \times 10^{-4} < Y_{adm} < 8 \times 10^{-4} [m]$$

Para calcular la deformación que va a tener la viga se asume una viga empotrada en los dos extremos y con una carga distribuida actuando sobre esta y se utiliza la siguiente ecuación para determinar la deflexión:

$$Y_{máx} = -\frac{W1.L^4}{384.E.I} \quad (4.72)$$

Sustituyendo los valores correspondientes se obtiene:

$$Y_{máx} = -3 \times 10^{-4} [m]$$

Se concluye que el perfil seleccionado cumple con la factibilidad de los requerimientos de la máquina.

⁴⁴ MC CORMAC, Diseño de Estructuras Metálicas. Método ASD, 4ta. Edición, p.220

4.19.17 DISEÑO DE LA COLUMNA

Para el diseño de las columnas de la estructura de la afiladora se analizará con las características geométricas y propiedades mecánicas del perfil seleccionado anteriormente; la carga que soportará cada columna equivale a 2298 [N] que se encuentra en el diagrama de cortante de la viga de la estructura, sumado el momento generado de 456.8 [N.m]. Ver figura 4.21.

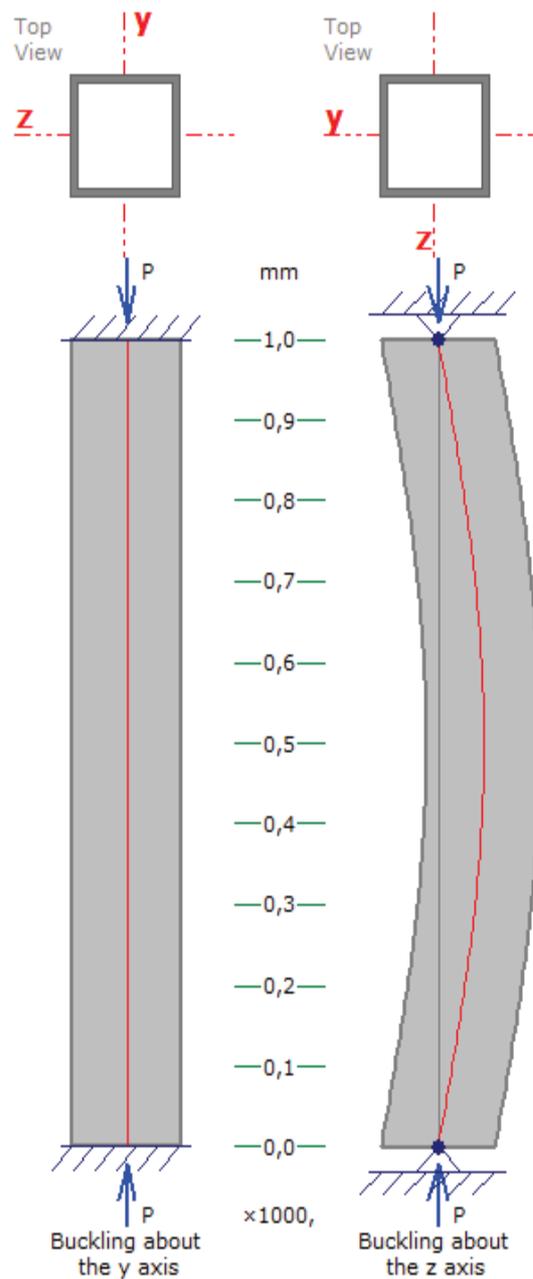


Figura 4.21 Diagrama de cuerpo libre de la columna

Fuente: Propia

Se analizará la carga equivalente que resulta de las reacciones de cuerpo libre que la columna se encuentra sometida por esfuerzos combinados de compresión y momentos, por lo cual se diseñara usando la teoría de Euler'sBuckling utilizando la siguiente relación:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad (4.73)$$

Donde:

F_a = Esfuerzo axial admisible de la columna

f_a = Esfuerzo axial que actuará sobre la columna

F_b = Esfuerzo de flexión admisible de la columna

f_b = Esfuerzo de flexión que se ejercerá sobre la columna

El esfuerzo axial f_a que va actuar sobre la columna se obtiene mediante la siguiente relación en la que interviene la carga sobre la sección transversal del perfil de la columna:

$$f_a = \frac{P}{A} \quad (4.74)$$

Donde:

P = Carga puntual que se ejerce sobre la columna = 2298 [N]

A = Área de la sección transversal del perfil estructural seleccionado 5,61 [cm²]

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación (4.74) se obtiene el esfuerzo axial de compresión que actúa sobre la columna que es:

$$f_a = 4.1 \text{ [Mpa]}$$

El esfuerzo axial permisible F_a en la columna se lo encuentra tabulando en la tabla del Manual de Construcción Metálica de la AICS⁴⁵ para lo cual se debe ingresar con el valor de la relación de esbeltez que viene dada por:

$$\lambda = \frac{K.L}{r} \quad (4.75)$$

Donde:

λ = Esbeltez

K = Factor de corrección de la longitud efectiva = 0.65

L = Longitud de la columna = 1000 [mm]

r = Radio de giro del perfil seleccionado = 19.202 [mm]

Para ver las propiedades del perfil seleccionado se analiza la tabla 4.16.

Tabla 4.16 Tabla de Propiedades Mecánicas y Geométricas del perfil seleccionado

Y Axis Properties			
Elastic Modulus	E	29.0000E+06	psi
From left to centroid	z (left)	1.0000	inch
From centroid to right	z (right)	1.0000	inch
Area of shape	A	0.8970	inch ²
Moment of Inertia	Iy	0.5130	inch ⁴
Section Modulus	Sy	0.5130	inch ³
Section Modulus (left)	S (left)	0.5130	inch ³
Section Modulus (right)	S (right)	0.5130	inch ³
Radius of Gyration	ry	0.7560	inch
Plastic Modulus	Zy	0.6210	inch ³
Shape Factor		1.2105	
From left to plastic n.a.	zp (left)	1.0000	inch
From plastic n.a. to right	zp (right)	1.0000	inch
Polar Moment of Inertia	J	0.8460	inch ⁴
Product of Inertia	Iyz	0.0000	inch ⁴
Maximum Moment of Inertia	I _{max}	0.5130	inch ⁴
Minumum Moment of Inertia	I _{min}	0.5130	inch ⁴
Angle from y axis to I _{max} axis	B	90.0000	degrees
		Clockwise	

Fuente: MD Solids- Catalogo Dipac

⁴⁵ Manual of Steel Construction, AllowableStessdesign, Tabla C 36, Anexo 9

La tabla 4.17 permite determinar el coeficiente de apoyo requerido para el cálculo.

Tabla 4.17 Tabla para determinar el coeficiente de apoyo

Table C-C2.1 K Values for Columns						
Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical <i>K</i> value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						

Fuente: AISC, manual of steel Construction, Eighth Edition, Página 5-124

$$\lambda = 33.85$$

Calculado el valor de la esbeltez se tabula en la tabla del ANEXO III donde se encuentra el esfuerzo axial admisible F_a , el cual relaciona la esbeltez con la resistencia del material. Ver figura 4.22.

$$F_a = 39.3 \text{ [ksi]} = 271 \text{ [Mpa]}$$

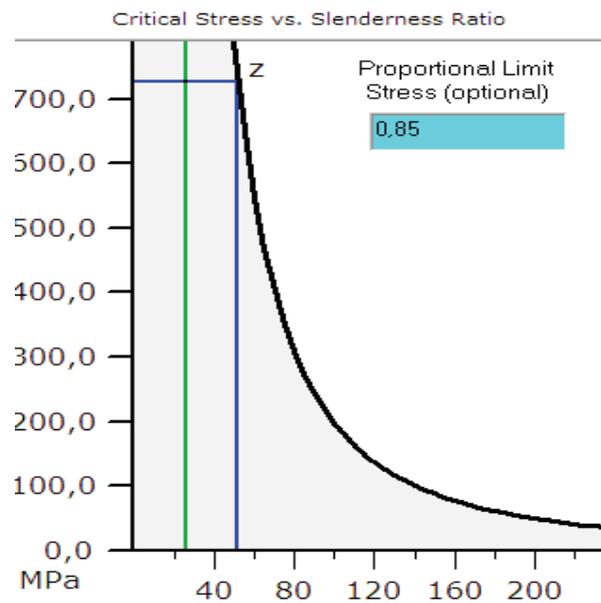


Figura 4.22 Figura de Esfuerzo Crítico vs Radio de giro

Fuente: MD Solids 3.5

Para determinar el esfuerzo de flexión que se genera por los momentos que actúan sobre la columna está dado por la ecuación:

$$fb = \frac{M \cdot C}{I} \quad (4.76)$$

Donde:

M = Momento que se ejerce sobre la columna [N.m]

I = inercia del perfil seleccionado [m⁴]

C = Distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la sección transversal [m]

Sustituyendo los valores del perfil seleccionado se obtiene:

$$fb = 107.73 [Mpa]$$

Para el cálculo del esfuerzo admisible de flexión se emplea la relación de a continuación:

$$F_b = S_{yc} = 0.6 S_y \quad (4.77)$$

S_{yc} = esfuerzo máximo de corte [Mpa]

S_y = Límite de fluencia del material en [Mpa]

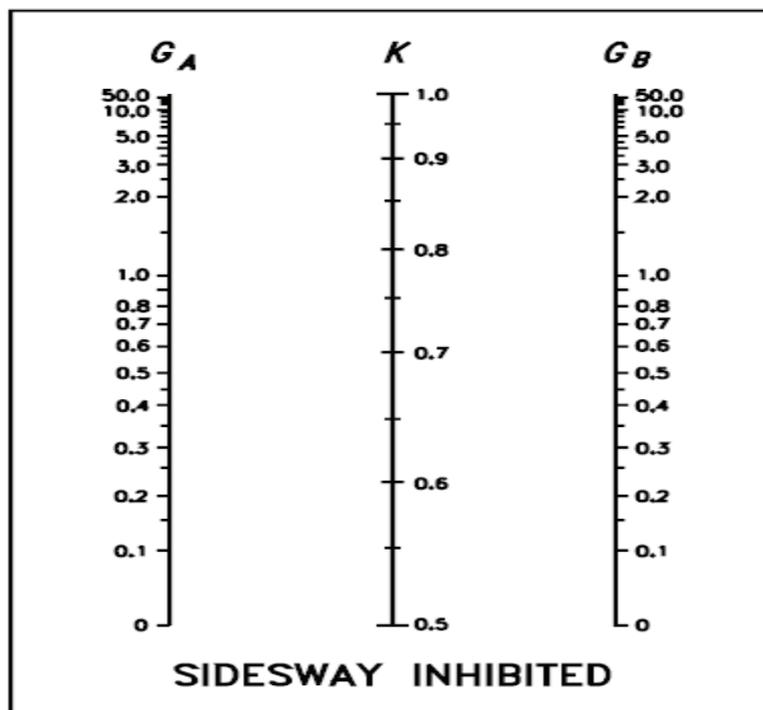
$$F_b = 150 \text{ [MPa]}$$

Reemplazando los valores en la ecuación (4.73) e interactuar se puede optimizar el diseño de la columna y sacar una conclusión óptima y segura. Ver tabla 4.18.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$0.733 \leq 1$$

Tabla 4.18 Desplazamiento lateral inhibido



Fuente: Manual de la AISC

4.19.18 DISEÑO DE LA COLUMNA POR RIGIDEZ

Para encontrar el esfuerzo máximo al que se encuentra sometido la columna se usa la teoría del círculo de Mohr que se detalla a continuación. Ver figura 4.23.

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + T_{xy}^2} \quad (4.78)$$

$$\sigma_{prom} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \quad (4.79)$$

$$\sigma_1 = \sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_{prom} + R \quad (4.80)$$

$$\sigma_2 = \sigma_{m\acute{i}n} = \sigma_{prom} - R \quad (4.81)$$

$$\text{tag}(2\theta) = \frac{T_{xy}}{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}} \quad (4.82)$$

$$x = (\sigma_{xx}; -T_{xy})$$

$$y = (\sigma_{yy}; T_{xy})$$

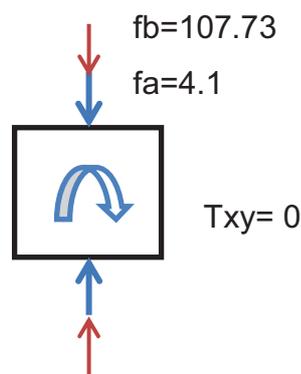
Donde:

$R = T \text{ m\acute{a}x.} = \text{Esfuerzo cortante m\acute{a}ximo [Mpa]}$

$\sigma_1 = \text{Esfuerzo m\acute{a}ximo [Mpa]}$

$\sigma_2 = \text{Esfuerzo m\acute{i}nimo [Mpa]}$

$\Theta = \text{\u00c1ngulo hacia la fibra.}$



$$\sigma_{yy} = -fb - fa$$

$$\sigma_{yy} = 111.83 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma_{xx} = 0 \quad \text{[Mpa]}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{111.83}{2}\right)^2 + 0^2}$$

$$R = 55.91 \text{ [Mpa]}$$

$$2\theta = 0^\circ$$

$$\sigma_{\text{máx}} = -55.915 - 55.915 = -111.83 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = -55.915 + 55.915 = 0.00 \text{ [Mpa]}$$

$$x = (0, 0) ; y = (-111.83, 0)$$

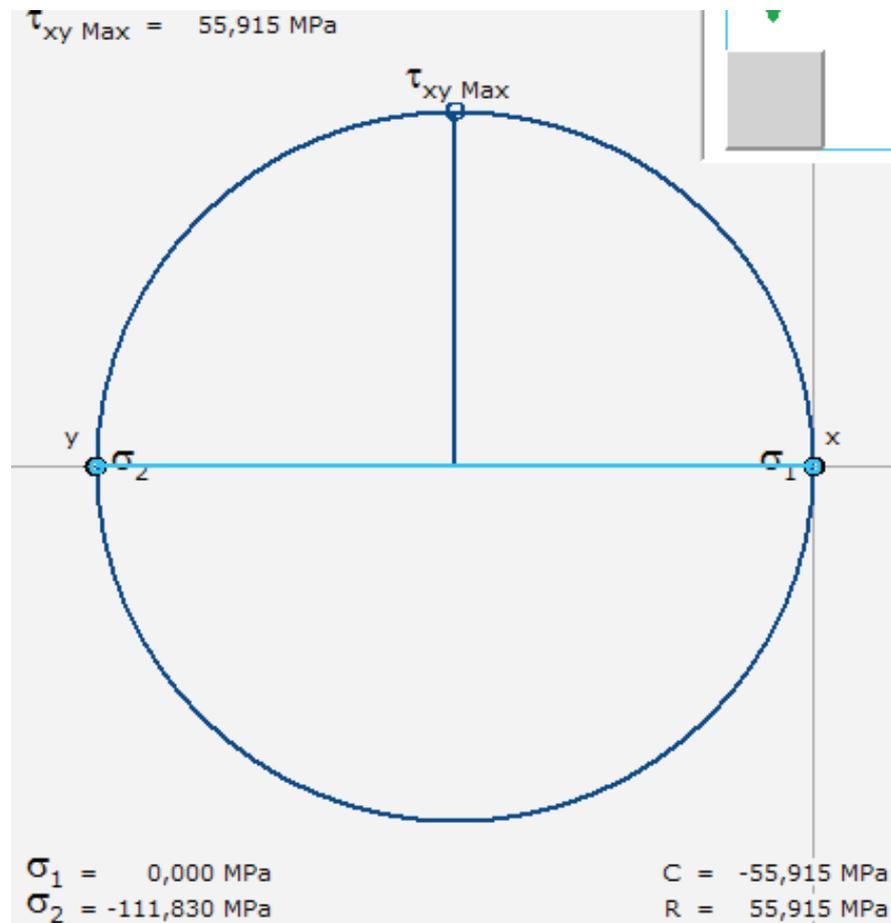


Figura 4.23 Circulo de Mohr para la columna

Fuente: Propia

Analizando una roseta a 45° se obtienen valores máximos de esfuerzos en la columna como se indica en la siguiente figura 4.24:

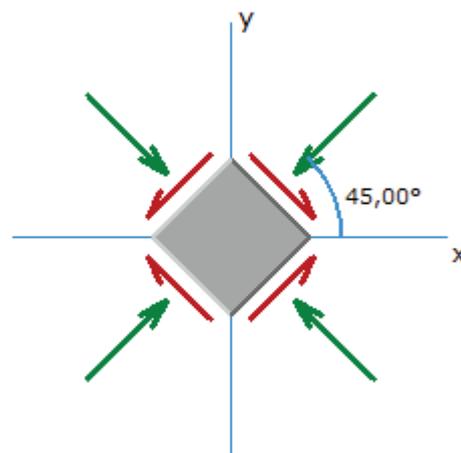


Figura 4.24 Análisis de esfuerzos

Fuente: Propia

$$\sigma_n = 55.915 \text{ MPa Compresión } (-)$$

$$\sigma_t = 55.915 \text{ MPa Compresión } (-)$$

$$T_{nt} = 55.915 \text{ MPa CW sobre la cara normal } (-)$$

Se determina que los esfuerzos máximos σ_1 y σ_2 son los máximos y son de 111.83 [Mpa] y conociendo que límite de fluencia del Acero A-36 es de 250 [Mpa] se obtiene el factor de seguridad con el que estará trabajando la columna como se indica a continuación:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (4.83)$$

Donde:

n = factor de seguridad

S_y = esfuerzo a la fluencia [Mpa]

σ = Esfuerzo máximo [Mpa]

$$n = 2.23$$

4.20 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE REFRIGERACIÓN

Se seleccionará la bomba de acuerdo a los requerimientos del circuito de tubería realizado como se muestra en la tabla 4.19.

Si se considera los siguientes parámetros y el esquema de las tuberías nos indica el número de accesorios utilizados y la longitud de la tubería que se tiene se puede obtener el caudal y la potencia de la bomba y luego se procede a seleccionar según las bombas hidráulicas en el mercado.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g \cdot z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + g \cdot z_2 + g \cdot H_t + g \cdot H_s \quad (4.84)$$

Como:

$$V = 0 \text{ [m/s]}$$

$$V_2 = 0 \text{ [m/s]}$$

$$V_i = 0 \text{ [m/s]}$$

$$\frac{P_1}{\rho} + g \cdot z_1 = \frac{P_2}{\rho} + g \cdot z_2 + g \cdot H_t + g \cdot H_s \quad (4.85)$$

$$H_t = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (4.86)$$

$$Q = V \cdot A \quad (4.87)$$

$$H_t = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{Q^2}{2g} \cdot \frac{1}{A^2} \quad (4.88)$$

$$C = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2g A^2} \quad (4.89)$$

$$H_s = \sum_{i=1} K_i \cdot \frac{V_i^2}{2g} \quad (4.90)$$

$$H_1 = \frac{P_1}{\rho} = \frac{P_2}{\rho} + (Z_2 - Z_1) + C \cdot Q^2 \quad (4.91)$$

Reemplazando los valores sobre la ecuación (4.91)

Tabla 4.19 Valores de cálculo para la bomba de refrigeración

Símbolo	Denominación	Valor
ρ	Densidad relativa del aceite mineral HLP para refrigeración.	0.8
F	factor de pérdidas	0.00012
Z2	Altura de salida	1 [m]
Z1	Altura del fluido en el tanque	0.2[m]
P	Presión de trabajo	[Mpa]
K	factor de pérdidas de accesorios	
L	Longitud de la tubería	0.8[m]
D	Diámetro de la tubería	0.0254
A	Área	0.02[m ²]
Q	Caudal	0.0003 [m ³ /s]
Ho	Potencia	[Hp]

Fuente: Propia

$$H1 = 0.8 + 7360 Q^2$$

Considerando una bomba de:

$$Q = 20 \text{ lt/min} = 0.0003[\text{m}^3/\text{s}]$$

Se obtiene:

$$H1 = 3.008 [\text{m}/\text{s}^2]$$

$$Pot = \rho \cdot Q \cdot H1 \cdot g$$

$$Pot = 0.0108 [\text{HP}]$$

Se selecciona la bomba de las siguientes características:

$$Pot = 1/8 [\text{HP}]$$

$$Q = 20 [\text{lt/min}]$$

4.21 DISEÑO DEL CONTROL

En esta sección se seleccionará los sensores, controladores y actuadores que intervienen en el control de la rectificadora; además, se establece el diagrama de fuerza y de mando de los motores que intervienen para esto el sistema de control semiautomático contará con tres movimientos como se indica a continuación:

- Traslación longitudinal de la muela sobre la cuchilla de vaivén controlada por finales de carrera-variador de velocidad y actuada por un servomotor de ½ Hp ensamblada por un conjugado mecánico de piñón cremallera
- Traslación vertical (profundidad de corte) movimiento automático por un sensor inductivo de aproximación y actuado por un servomotor de ¼ Hp ensamblado a un tornillo de potencia.
- Rotación de muela controlada por un variador de velocidad y actuada por un motor trifásico de 2 HP acoplado directamente a este con una muela de diamante frontal.

Diagramas de control y fuerza para el control de la rectificadora se encuentran detallados en el ANEXO VIII, en la siguiente figura 4.25 se presenta el diagrama general.

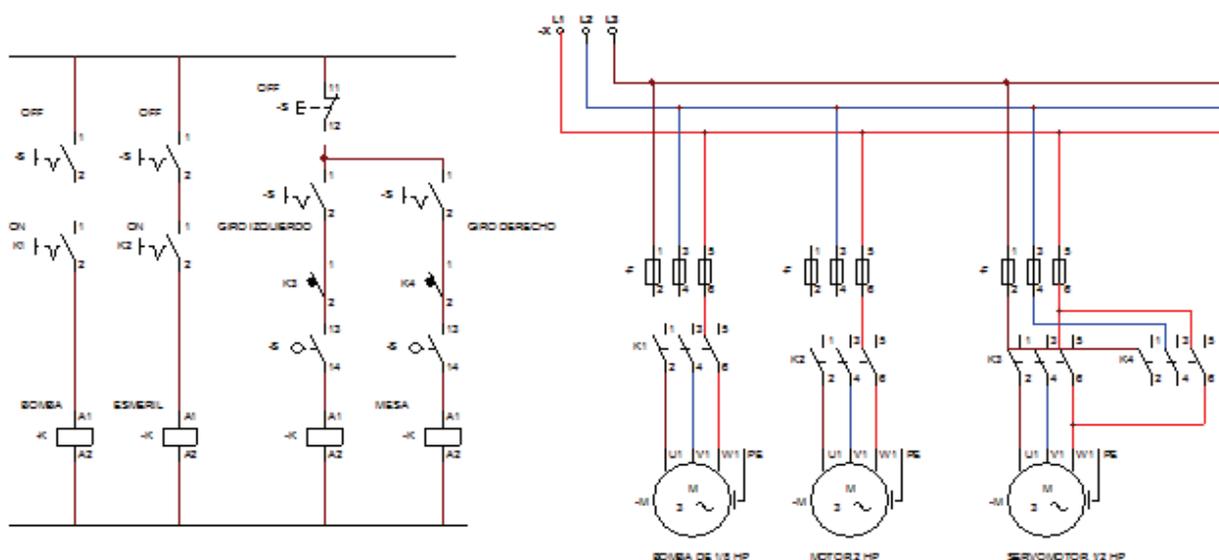


Figura 4.25 Diagrama de control y fuerza general

Fuente: Propia

CAPÍTULO 5.

CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se indica los procesos de construcción de los elementos principales como se indica en las hojas de procesos (ANEXOVI), además del montaje de los diferentes sistemas y elementos mecánicos que conforman la rectificadora de cuchillas, también se presenta el protocolo de pruebas realizado a la máquina para la verificación de su correcto funcionamiento.

La construcción de los elementos constitutivos se fabrica de acuerdo a los planos de taller y los elementos normalizados que se encuentran detallados en los planos de montaje (ANEXO XIII).

El taller de producción por mecanizado debe contar con las máquinas herramientas que permita el mecanizado adecuado de acuerdo con los planos de taller; además del recurso humano (operadores) los cuales deben estar en capacidad de interpretar los planos de hacer para un adecuado funcionamiento de la máquina.

Como en un principio se dijo; la materia prima, elementos normalizados y demás deben existir en el mercado local garantizando que cuenten con las características adecuadas para su correcto funcionamiento.

5.2 REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

El área donde se realizará la construcción debe contar con máquinas cómo:

- Mecanizado.
- Ajuste.

- Montaje
- Pruebas

5.3 RECURSO HUMANO PARA LA FABRICACIÓN DEL PROYECTO

Los recursos humanos que intervienen en la construcción del prototipo son:

- Director y Codirector del proyecto.
- Operador del torno.
- Operador de la fresadora.
- Soldador.
- Ayudante.
- Armador.
- Tesista, diseñador del prototipo.

5.4 ÁREA DE MECANIZADO

En esta sección deben existir máquinas-herramientas con sus útiles de corte para realizar el mecanizado de los elementos mecánicos de la máquina.

Máquinas Herramientas:

- Torno.
- Fresadora Universal.
- Rectificadora Plana.
- Taladro de Pedestal.
- Limadora.

Herramientas

- Juego de brocas.
- Buriles de Corte para torneear.
- Fresas de desbaste y ranurado.

- Juegos de machos M6-M18
- Escuadras
- Herramientas de mano
- Limas
- Rayador

Equipos:

- Esmeril
- Cizalla
- Dobladora
- Soldadora eléctrica
- Compresor
- Equipo de pintura

5.5 ÁREA DE AJUSTE

En esta sección tiene como misión verificar las medidas nominales y tolerancias de ajuste de los elementos mecánicos construidos en la anterior fase para un correcto montaje y por ende el correcto funcionamiento de a máquina según el diseño de la afiladora.

Instrumentos de Medición, verificación y ajuste

- Calibrador Pie de Rey
- Goniómetro
- Micrómetro de interiores y exteriores
- Compas de centros
- Nivel
- Flexómetro

Equipos:

- Prensa de ajuste hidráulica
- Mármol de ajuste de superficies

5.6 HOJA DE PROCESOS

La secuencia para la construcción de los elementos mecánicos de la máquina afiladora se realiza siguiendo las hojas de procesos, en la que se indica las operaciones para la elaboración de los elementos mecánicos, además se cuenta con un detalle completo en los planos de taller en los cuales se indica medidas, acabados y consideraciones pertinentes para cada elemento.

Las hojas de procesos para la construcción de los principales elementos del prototipo se encuentran en el ANEXO VI.

5.7 FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En las siguientes fotografías 5.1 y 5.2 se puede observar el proceso de fabricación de algunos de los elementos que forman parte del prototipo de la rectificadora de cuchillas.



Fotografía 5.1 Construcción del pasador

Fuente: Propia



Fotografía 5.2 Construcción placa lateral

Fuente: Propia

5.8 MONTAJE DEL PROTOTIPO

El montaje consiste en el procedimiento adecuado para ensamblar la máquina rectificadora, de tal forma que se asegure un adecuado acople entre elementos y su óptimo funcionamiento.

La denominación empleada en el procedimiento de montaje de la máquina para cada uno de los elementos corresponde a los establecidos en el plano de conjunto LDCG-001.

El montaje se lo realiza en base a las siguientes actividades indicadas a continuación en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Secuencia de ensamble del prototipo

Actividades	Secuencia
Verificación de la estructura metálica	1
Verificación del bastidor	2

.../

Tabla 5.1 Secuencia de ensamble del prototipo (Continuación)

Verificación de los elementos de sujeción: Pernos, tuercas	3
Ensamble del bastidor con la estructura de soporte	4
Montaje de chumaceras media luna	5
Montaje de cojinetes de bronce	6
Montaje de la mesa	7
Fijación de tapas de chumacera	8
Montaje de las guías de deslizamiento en el bastidor y alineación	9
Montaje de la cremallera del avance automático	10
Ensamble del puente	11
Ensamble del sistema cola de milano	12
Ensamble del motor eléctrico con la muela	13
Acople del variador angular con la mesa	14
Montaje del servo	15
Verificación de sistemas mecánicos.	16
Pintura del prototipo	17
Montaje del sistema de refrigeración	18
Montaje del sistema de control	19

Fuente: Propia

5.9 PRUEBAS DE CAMPO

Luego de la construcción y montaje de los elementos de la rectificadora de cuchillas se realiza las pruebas de campo de acuerdo al protocolo de pruebas indicado en el capítulo 3. Las cuales tienen como principal propósito verificar y comprobar las condiciones de diseño y el adecuado funcionamiento de la rectificadora.

Los resultados de las pruebas de campo se presentan en la tabla del ANEXO X.

En las fotografías 5.3 y 5.4 se presenta la rectificadora de cuchillas, en la cual se realiza las pruebas, reconocimiento e inspección de la máquina por parte del director del proyecto.



Fotografía 5.3 Inspección del prototipo

Fuente: Propia



Fotografía 5.4 Funcionamiento de la Rectificadora

Fuente: **Propia**

5.10 ANÁLISIS DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

En base a los resultados del protocolo de pruebas ANEXO X, se concluye que los resultados son satisfactorios y que todos los elementos de la rectificadora de cuchillas funcionan correctamente permitiendo de esta forma el afilado de las cuchillas. Es importante destacar que los resultados al obtener el filo en las cuchillas es el esperado.

CAPÍTULO 6.

ANÁLISIS DE COSTOS

6.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detalla los costos de los diferentes elementos utilizados en la construcción del prototipo, así también los costos de los procesos de mecanizado, montaje e instalación del equipo de los diferentes sistemas de la maquina rectificadora de cuchillas.

Costos Directos:

- Costo de los materiales para la construcción del prototipo.
- Costo de los elementos normalizados.
- Costo de operaciones de maquinado.
- Costo de montaje.

Costos Indirectos:

- Costo de materiales indirectos.
- Costos de diseño y planificación.
- Costos de gastos imprevistos.

Para determinar el costo total de la máquina afiladora de cuchillas se suma el total de los costos directos con los costos indirectos.

Los costos de materia prima y maquinada de los elementos constitutivos de la máquina afiladora se basan en la información facilitada por proveedores de materiales y servicios ubicados en la ciudad de Quito- Ecuador como se detalla en los siguientes cuadros.

6.2 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

6.2.1 COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

La materia prima (materiales) que se necesitan para la fabricación del prototipo a diseñar se detalla en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Costo de materiales para la construcción del prototipo

DENOMINACIÓN	CANT	ESP. TÉCNICAS	ACERO A 500		ACERO A-36		ACERO 1040		CHAPA METÁLICA		BRONCE		ELECTRODOS		PROVEED
			KG	\$/KG	KG	\$/KG	KG	\$/KG	KG	\$/KG	KG	\$/KG	KG	\$/KG	
ESTRUCTURA METÁLICA	1	TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO DE 50 X 50 X 4 mm	18	2	2	4	5	15	5	3	51	51	DIPAC		
	2	300 X 160 X 20 mm		4	8	2	4	15	5	3	15	30	BOHLE R		
PIN DE ARICULADO	1	Do=50 L=250 mm		4	2	5	4	15	5	3	18	18	BOHLE R		
GUÍA DE DESLIZAMIENTO	2	40 X 30 X 1400		4	2	13	4	15	5	3	51	101	DIPAC		
MESA	1	150 x 100 X1200 mm		4	94	2	4	15	5	3	188	188	BOHLE R		
BASTIDOR	3	1400X 500X 8		4	45	2	4	15	5	3	90	269	DIPAC		
BOCIN MESA	2	Do=90 Di=30 L=120 mm		4		2	4	15	5	3	81	163	IVAN BOHMA N		
CHUMACERA	2	Do=90 Di=50 L=120 mm		4		2	4	15	5	3	23	46	IVAN BOHMA N		
PUENTE	1	300 X 500 X 25 mm		4	29	2	4	15	5	3	59	59	DIPAC		
PLACA SOPORTE MOTOR	1	150 X300 X 10 mm		4	4	2	4	15	5	3	7	7	DIPAC		

.../

Tabla 6.2 Costo de Mecanizado

DENOM	OPERACIONES	RECTIFI CAR		SOLDA DURA		TORNEA R		FRESA R		TALADR AR		OXIC- PLASMA		DOBLAR		CORTAR- CILLAZAR		TOTA L
		HOR	\$/ H	HO R	\$/ H	HOR	\$/ H	HO R	\$/ H	HOR	\$/ H	HOR	\$/ H	HOR	\$/ H	HOR	\$/ H	
	ESP. TÉCNICAS																	
	CAN																	
ESTRUCTURA METÁLICA	TUB ESTRUCT DE 50 X 50 X 4 mm	1	15	8	8	12	15	4	15	5	10	8	94	94				
	300 X 160 X 20 mm	2	15	8	8	12	15	4	15	1	10	8	56	111				
PLACA LATERAL	Do=50 L=250 mm	1	15	8	8	1	15	4	15	5	10	8	12	12				
	40 X 30 X 1400	2	15	8	8	12	15	4	15	5	10	8	49	98				
PIN DE ARTICULADO	150 x 100 X 1200 mm	1	15	8	8	3	15	4	15	1	10	8	195	195				
	1400X 500X 8	3	15	5	8	12	15	4	15	4	10	8	68	204				
MESA	Do=90 Di=30 L=120 mm	2	15	8	8	1	15	4	15	5	10	8	12	24				
	Do=90 Di=50 L=120 mm	2	15	8	8	1	15	4	15	5	10	8	27	54				
BOCIN MESA	Do=90 Di=50 L=120 mm	2	15	8	8	1	15	4	15	5	10	8	27	54				
	Do=90 Di=50 L=120 mm	2	15	8	8	1	15	4	15	5	10	8	27	54				
CHUMACERA	300 X 500 X 25 mm	1	15	8	8	12	15	4	15	0	10	8	54	54				
	150 X 300 X 10 mm	1	15	2	8	12	15	4	15	4	10	8	115	115				
PUENTE	150 X 300 X 10 mm	1	15	2	8	12	15	4	15	4	10	8	115	115				
	150 X 300 X 10 mm	1	15	2	8	12	15	4	15	4	10	8	115	115				

.../

Tabla 6.2 Costo de Mecanizado (Continuación)

PLACA LATERAL DE BASTIDOR	2	500 X 500 X 8 [mm]		15	1	8		12	1	15	1	4	1	5	10	8	18	36
TORNILLO DE POTENCIA EJE Z	1	Do= 32 L=300 mm		15		8	2	12	1	15	1	4		5	10	8	41	41
COLA DE MILANO BASCULANTE	1	120 x 150 x 180	1	15	2	8	1	12	4	15	1	4	2	5	10	8	111	111
BANDEJA	1	1000 x 500 x 1		15		8		12		15		4		5	1	8	18	18
TANQUE DE REFRIGERANTE	1	300 x 300 x 2		15		8		12		15		4		5	1	8	9	9
AFILADORA CUBIERTA	2	1 222 x 2440 x 2 mm		15		8		12		15		4		5	4	8	72	144
MEDIA LUNA CHUMACERA	2	Do= 38mm L=600		15		8	2	12	1	15		4		5	10	8	39	78
ENGRANAJE DE REDUCTOR	1	D=90 L=80 [mm]		15		8	4	12	4	15	1	4		5	10	8	110	110
SIN FIN DE REDUCTOR	1	D=32 L=300 [mm]		15		8	4	12	1	15		4		5	10	8	63	63
CARCAZA DE REDUCTOR	6	400x400x6 [mm]		15	2	8		12	2	15	1	4		5	10	8	50	300
CREMALLERA	3	500x40x40[mm]	4	15		8		12	4	15		4		5	10	8	120	360
ENGRANAJE	1	D=75 L=40 [mm]		15		8	1	12	3	15		4		5	10	8	57	57
PIN DE RODAMIENTO 6003	12	D=25 L=60 [mm]		15		8	1	12		15		4		5	10	8	6	72
SOPORTE DE SERVOMOTOR	4	300 X 200X 6 [mm]		15	1	8		12		15		4		5	10	8	4	16

.../

Tabla 6.2 Costo de Mecanizado (Continuación)

CUÑA	1	250 X 30 X 4 [mm]	1	15	8	12	15	4	5	10	8	8
FIJADOR	2	D=60 L=50 [mm]	15	1	8	12	15	4	5	10	8	20
EJE ACOUPLE DE MESA Y VARIADOR	1	D=50 L=250 [mm]	15	1	8	12	15	4	5	10	8	14
TOTAL												1508

Fuente: Propia

6.2.3 ELEMENTOS MECÁNICOS NORMALIZADOS

En este punto se detalla los elementos normalizados (tabla 6.3) adquiridos en el mercado local.

Tabla 6.3 Costo de Elementos Mecánicos Normalizados

ELEMENTOS NORMALIZADOS									
ELEMENTOS	CANT	COSTO	TOTAL	PROVEEDOR					
RODAMIENTOS BOLAS 6003	12	7	82	CASTILLO					
TUERCA M20	12	0,8	9	TECNIRULIMAN					
PERNO M10 X 1,5	50	0,5	25	CASTILLO					
TUERCA M10 X 1,5	40	0,2	8	CASTILLO					
ELEMENTOS	CANT	COSTO	TOTAL	PROVEEDOR					

.../

Tabla 6.3 Costo de Elementos Mecánicos Normalizados (Continuación)

PERNOS M14X2,0	4	0,9	4	CASTILLO
PLATO MAGNÉTICO [500 X150]	2	586,0	1172	BKB
RODAMIENTO 6012	2	30,0	60	CASTILLO
RODAMIENTO CON RODILLOS CÓNICO	2	20,8	42	CASTILLO
PERNO M4 X 0,75 X 20	12	0,3	3	CASTILLO
PERNO M6 X 1 X 20	12	0,4	5	TECNIRULIMAN
JUEGO DE MORDAZAS	1	165,0	165	IVAN BOHMAN
PRISIONERO	6	0,4	2	CASTILLO
RETENEDOR 72 X 50 X 12	2	5,0	10	CASTILLO
RETENEDOR 32 X 16X 10	1	4,0	4	CASTILLO
ANILLO DE SEGURIDAD D=15 x 1	12	0,5	6	CASTILLO
PASADOR CÓNICO	6	1,8	11	CASTILLO
PINTURA EPÓXICA [m2]	5	3,0	15	DIPAC
PERNO M8 X1,25	10	0,4	4	CASTILLO
			SUBTOTAL	1626

Fuente: Castillo, Tecniruliman, Iván Bohman

6.3 COSTO DE ESTRUCTURA DE MÁQUINA AFILADORA

En la tabla 6.4 se detallan los costos de La estructura de la maquina rectificadora de cuchillas.

Tabla 6.4 Costos de la Estructura de la Máquina Afiladora.

COSTO DE MATERIALES	1795
COSTO DE OPERACIONES	1508
COSTO DE E s NORMALIZADOS	1626
IMPREVISTOS 10%	493
SUBTOTAL	5422

Fuente: Propia

6.4 COSTO DEL SISTEMA CONTROL ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA AFILADORA

En la tabla 6.5 y la tabla 6.6 se detallan los costos de los elementos normalizados utilizados en el control eléctrico así como los costos de instalación.

Tabla 6.5 Costos con Automatización Eléctrica y Variador de Velocidad

N°	DENOMINACIÓN	CANT	ESP. TÉCNICAS	COSTO	TOTAL	PROVEEDOR
1	GABINETE DE CONTROL	1	450X400X200 mm	60	60	PRODEMELSA
2	MOTOR ELÉCTRICO	1	2 HP - 3600 rpm	200	200	PRODEMELSA
3	BOMBA DE REFRIGERACIÓN	1	1/4 HP	84,9	84,9	PRODEMELSA
4	SERVOMOTOR	1	1/2 HP	300	300	PRODEMELSA
5	SELECTOR	2	2 POSICIONES	12,5	25	PRODEMELSA
6	FINAL DE CARRERA	2	LIMIT Switch Rodillo	25,46	50,92	PRODEMELSA
7	CONTACTORES	7	Telemenacanique 360 v x 12 amp	31,29	219,03	PRODEMELSA
8	BORNERAS	4	40 mm	0,5	2	PRODEMELSA
9	CABLE ELÉCTRICO	8	multiple	0,8	6,4	PRODEMELSA
10	PULSADOR VERDE	3	22 mm	10	30	PRODEMELSA
11	PULSADOR ROJO	3	22 mm	10	30	PRODEMELSA
12	LUCES PILOTO	2	22 mm	12	24	PRODEMELSA

.../

Tabla 6.5 Costos con Automatización Eléctrica y Variador de Velocidad (Continuación)

13	VARIADOR DE VELOCIDAD	1	60Hz Trifásico	380	380	MAQUINARIAS ENRIQUEZ
14	CAJA	1	8H	4,8	4,8	PRODEMELSA
15	POTENCIOMETRO	1		5	5	CIMELEC
				SUBTOTAL	1422,05	

Fuente: Prodemelsa

Tabla 6.6 Costo de Control Eléctrico

COSTO DE INSTALACIÓN	60
COSTO DE E s NORMALIZADOS	1422,05
IMPREVISTOS 10%	148,205
SUBTOTAL	1630,255

Fuente: Propia

6.5 COSTO DE SISTEMA REFRIGERACIÓN

En la tabla 6.7 y 6.8 se detallan los costos de los de los elementos del sistema de refrigeración así como también los costos de instalación e imprevistos.

Tabla 6.7 Costo de Elementos de Sistema de Refrigeración

N°	ELEMENTOS	CANT	ESP. TÉCNICAS	COSTO	TOTAL	PROVEEDOR
1	TUBERÍA	1	D= [1 plg] L= 6[m]	18	18	IDMACON
2	VALVULA GLOBO	2	1 [plg] NPT	10	20	BKB
3	CODOS	7	1 [plg] NPT	1	7	MAQ. ENRIQUEZ
4	CRUZ	1	1 [plg] NPT	3	3	CASTILLO
5	ACOPLES	3	1 [plg] NPT	3	9	CASTILLO
6	MANGUERA ENROLLADA	2	1/2 [plg] L= 2[m]	15	30	BKB
7	FILTRO	1	1 [plg]	10	10	BKB
8	TANQUE	1	400x400x150 [mm]	40	40	INMECEINC
9	CERNIDERA	1	400x400x150 [mm]	30	30	CASTILLO
				TOTAL	167	

Fuente: Idmacon, Castillo, Inmeceinc

Tabla 6.8 Costo de Sistema de Refrigeración

COSTO DE INSTALACIÓN	30
COSTO DE E s NORMALIZADOS	167
IMPREVISTOS 10%	19,7
TOTAL	216,7

Fuente: Propia

6.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

En la tabla 6.9 se detallan el costo total de la rectificadora.

Tabla 6.9 Costo Total de la Rectificadora

COSTO DE AFILADORA	5.421,89
COSTO DE CONTROL	1.630,25
COSTO DE UNA MUELA DE DIAMANTE Y PARA ACERO RÁPIDO	198,00
COSTO DE REFRIGERACIÓN	216,70
TOTAL	7.466,84

Fuente: Propia

6.7 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

CONFITECA C.A tiene un costo mensual por el servicio de afilado de cuchilla HSS acero rápido y carburo de tungsteno (widia) en un promedio de 200 dólares americanos por mes durante los doce meses del año. En uso de esta premisa se determina la factibilidad del proyecto para la empresa.

6.7.1 RENTABILIDAD DE LA AFILADORA POR VALOR ACTUAL NETO

Durante un año la empresa tiene un costo de mantenimiento de 2400 \$/año para 10 años de vida útil de la máquina afiladora, con un costo de mantenimiento, operación y consumo eléctrico de 600 \$/año y un valor de salvamento (venta) de 5000\$ se obtiene el siguiente flujo de datos.

$I=2400 @ 10$	$Vs=5$								
	000								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	$C=600 @ 10$								

Donde:

VAN = Valor Actual Neto

VP= Valor Presente

I= Ingresos Anuales

C= Costos de Mantenimiento y Operación

Vs= Valor de Venta

Y= Inversión =7.466,84

i= interés anual = 10%

$$VP = -Y + (I - E) \cdot \frac{P}{A} + Vs \cdot \frac{P}{F} \quad (6.1)$$

$$\frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \quad (6.2)$$

$$\frac{P}{F} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (6.3)$$

$$VP = VAN \geq 0 \text{ Rentable}$$

Donde:

P/A= Gradiente Uniforme

P/F= Valor Futuro

n= período

Sustituyendo los Valores en la ecuación y reemplazando las ecuaciones (101-102) en la (100) se obtiene:

$$VP = VAN = 5521.10$$

Se concluye que el proyecto es viable.

6.7.2 RELACIÓN COSTO BENEFICIO

Como se indica en la tabla 6.10 se puede apreciar el costo vs beneficio de la maquina.

$$\frac{B}{C} = \frac{I.\left(\frac{P}{A}, i, n\right)}{E.\left(\frac{P}{A}, i, n\right)} \quad (6.4)$$

Tabla 6.10 Relación costo beneficio

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingreso		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Egreso		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Y	-7466,84										
Valor de Venta											5000
Flujo Neto	-7466,84	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	6800

Fuente: Propia

Donde:

B= Beneficio C= Costo

Reemplazando los valores en la relación (103) que son el valor presente de los ingresos por el valor presente de los egresos se obtiene la relación B/C:

$$\frac{B}{C} = \frac{12984.2}{7466.84} = 1.73$$

Entonces el beneficio para la empresa de la adquisición de la afiladora es de 1 dólar por cada 73 centavos de dólar de gasto.

6.7.3 RELACIÓN DE COSTO CON AFILADORAS EN EL MERCADO

En el mercado la afiladora semiautomática de similares características se encuentra avalada en 21 800 dólares americanos como se indica en la figura 6.1.



Figura 6.1 Afiladora MWM modelo MX

Fuente: <http://www.elite.cat/es/afiladoras/cuchillas/mwm-mx/>

$$\%costo = \frac{7466.84}{21\,800} * 100 = 34\%$$

CAPÍTULO 7.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La máquina afiladora semiautomática cumple con los objetivos de diseño planteados como son: Avance semiautomático, rotación del ángulo de la mesa de 0-180 °, vibraciones despreciables y deflexión aceptable dentro de las tolerancias de afilado.
- Las especificaciones técnicas y requerimientos de diseño del cliente se obtuvieron mediante el análisis de alternativas y el uso de la casa de la calidad.
- El análisis funcional de la máquina logró obtener la versatilidad del prototipo.
- Las funciones principales en la máquina son: fijar la cuchilla, cortar el material, refrigerar y controlar el sistema.
- Las soluciones modulares permitieron obtener el prototipo rápido que es una afiladora de movimiento de la muela sobre la herramienta, fijación por campo magnético o mordazas, refrigeración continua, variación angular auto bloqueante con un reductor de tornillo-corona, avance automático por cremallera-engranaje sensada por finales de carrera y controlada por un sistema eléctrico.
- El cambio rápido de muela permite afilar diferentes clases de materiales e incluso lapear el filo de la cuchilla.
- La afiladora permite afilar cuchillas planas hasta de 1[m] de longitud.
- La aplicación de la afiladora beneficia a otras industrias como: la industria maderera, plástica, matricera.
- El control eléctrico-electrónico por contactores y variador de velocidad permite obtener velocidades de avance de 5-25 m/min y variar las revoluciones de la muela de acuerdo al material a cortar.
- La vida útil de la máquina es infinita es decir superior a los 10 años.

- La versatilidad del diseño de la afiladora permite un afilado óptimo en tiempos de mecanizado y mantenimiento, e incluso puede ser operada como rectificadora de superficies planas.
- El valor presente es positivo por lo que la rentabilidad del proyecto es factible y viable.
- El costo del prototipo de la afiladora cumple con la relación beneficio/costo para la empresa CONFITECA C.A esto indica que es fructuosa la adquisición de la máquina minimizando costos de servicios de mantenimiento de sus máquinas de envoltura y corte de confites.
- El costo del prototipo es menor en un 34% con respecto a máquinas similares en el mercado industrial de marcas ELITE, PROSOL, AFILASOL.
- De los resultados del protocolo de pruebas la máquina corrobora el diseño dentro de las tolerancias aceptables de operación y funcionamiento.
- Los planos de taller y montaje siguen las normas de dibujo técnico lo que permite la facilidad en la construcción y ensamblaje.

7.2 RECOMENDACIONES:

- Es necesario que la máquina contemple los ajustes y tolerancias estipuladas en el plano de montaje 1.3020-1.001 para un correcto funcionamiento de la máquina.
- El proyecto permite mejorar su diseño y automatizar el movimiento del eje vertical para afilar de cuchillas de formas irregulares como filos de tipo tijera y de zigzag.
- Operar la máquina usando equipos de protección personal (EPP) por el ruido que se genera y por los riesgos asociados a la operación.
- Realizar mantenimiento periódico y lubricar sistemas flexibles.
- Ubicar un protector alrededor de la muela para evitar la inhalación de los polvos que se generan al afilar.
- Los finales de carrera deben ubicarse con cierta tolerancia de entrada y salida de la muela.

BIBLIOGRAFÍA

- BOHORQUEZ, GALO; Diseño y Construcción de una Máquina Afiladora de cuchillas Planas de Hasta 1 m de longitud para la empresa MCS y PLASTIMAG; E.P.N; Proyecto previo a la obtención de título de Ingeniero Mecánico; Quito, Noviembre 2011
- RIBA, CARLES; Diseño Concurrente; Ediciones UPC; España 2002
- ROSSI, MARIO; Máquinas-Herramientas Modernas, Editorial Hopeli, Barcelona, 1971
- DEGARMO, J; Materiales y Procesos de Fabricación; Editorial Reverte;
- LOSKUTOV V, Rectificación de Metales.
- SHIGLEY'S, JOSHEP; Mechanical Engineering Design, Editorial Mc. Graw Hill, 8 va. edición, USA 2002
- SHIGLEY, JOSHEP; Diseño de Ingeniería Mecánica. 6 ta. edición Editorial Mc. Graw Hill. México DF 1999
- AICS, Manual of Steel Construction, 8 va. edición, USA 2002
- CASILLAS, A; Cálculos de Taller, Editorial MAQUINAS, 33 ediciones, página 448-452, 325, 184-188.
- INEN, Código de Dibujo Técnico-Mecánico, Quito- Ecuador 1989 Número 009
- MOTT, Robert; Diseño de Elementos de Máquinas. 2 da. Edición, Prentice Hall, México DF 2003
- TARQUIN, BLANK; Ingeniería Económica, 4 ta. Edición, Mc Graw Hill, 2000
- Manual de Rodamientos NSK, USA 2000 , Selección y Aplicación.
- LARBURU, NICOLAS; Máquinas Prontuario-Técnicas Máquinas Herramientas; 13 va. Edición, Editorial Thomsom Learning, 2000.

CONSULTAS WEB

- <http://www.imanesmagnum.com.ar/accesorios/platoamarre/platoamarre.htm>
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Plato-electromagnetico-Magnetic-Plus-Serie-Rectificadora-8104.html>
- <http://www.festool.es/Productos/Pages/Product-Detail.aspx?pid=712223&name=Bomba-de-vac-o-y-unidad-de-sujeci-n-VAC-SYS-Set-SE1>
- <http://es.scribd.com/doc/6792218/Tema-2-Sistemas-de-Sujecion-de-Piezas-en-maquina>
- <http://es.scribd.com/doc/6792388/Tema-2-Fichas-tecnicasMHCNITIM-IIND2006>
- http://www.maquinariamadrid.com/f_rectificadoras_tangenciales_-_tangential_grinding_124.html
- http://www.maquinariamadrid.com/f_rectificadoras_tangenciales-cilindricas-afiladoras_54.html
- <http://es.scribd.com/doc/8264821/Apuntes-Tecnologia-Mecanica>

ANEXOS

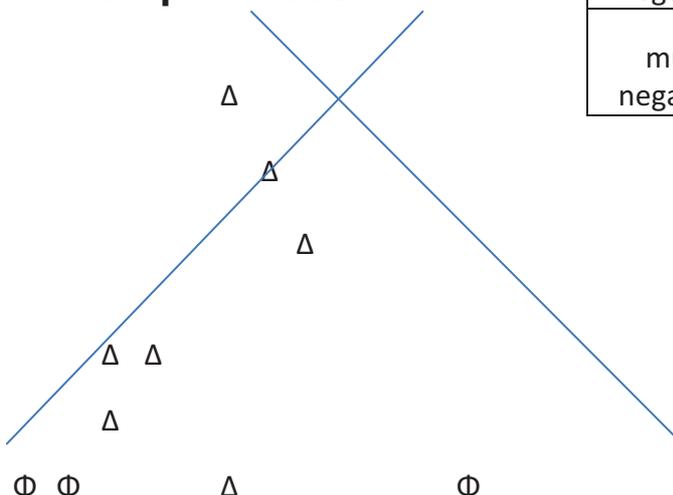
ANEXO I
CASA DE LA CALIDAD

Compromisos

B :
básico
O:unidimensional
E :
estimulante

muy positiva	Φ
positiva	O
negativa	X
muy negativa	Δ

✱



Voz del Usuario Necesidades y Deseos del usuario	Φ		Φ		Δ		Φ		A	B	C	D	E	F	G	H	I					
	Velocidad de Corte	Velocidad de Avance	Profundidad de Pasada	Lubricación	Longitud de Trabajo	Vibraciones	Acabado Superficial	Tipo de Cuchilla y Material	Dureza del Material	Energía de abastecimiento	Flexibilidad	Sujeción del Material	Propia empresa	Competencia 1	Competencia 2	Objetivos	Indice de mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %	
Longitud de Trabajo de la Máquina	B				O	O											1			5,	1	4, 4, 1
Tipos de Muelas para cada Material	O	O	O	O			O	O	O								1			4,	8	1, 2, 0
De fácil Mantenimiento / Operación	B																1			6,	0	1, 5, 0
Las Revoluciones de la Muela	B	O	O	*			O	O	O								1			3,	0	7, 5
Trabajo con Energía Eléctrica	E									O										7,	5	8, 8, 8
Refrigeración Constante	O	O	*	*	O			O	*											4,	5	1, 1, 3

Avance automático	O	o	o	*															2	3	4	4	2	α	3	7,2	18,0
Estacionario/Robusto	B	*	o	o																3	4	3	4	3	3	4,0	10,0
Vibraciones Bajas	E	*	*																	3	3	5	4	3	α	4	6,6
Alta Sujeción de la Cuchilla	E																									6,6	16,0
Rectificado con diferentes ángulos	B																									5,3	13,3
Seguro para el operador	E																									5,2	12,5
																										5,8	10,0

propia empresa	4	3	3	4	5	3	2	3	3	3	3	4																
competencia 1	3	4	2	3	4	4	3	4	3	2	2	3																
Competencia 2	3	5	3	3	3	3	4	3	5	4	4	4																
incidencia	86,9	11,9	69,9	40,5	15,0	11,0	7,3	10,5	8,9	7,4	4,8	5,6																
incidencia en %	9,5	12,7	7,4	5,6	12,1	1,8	1,6	9,0	8,2	5,3	6,3																	

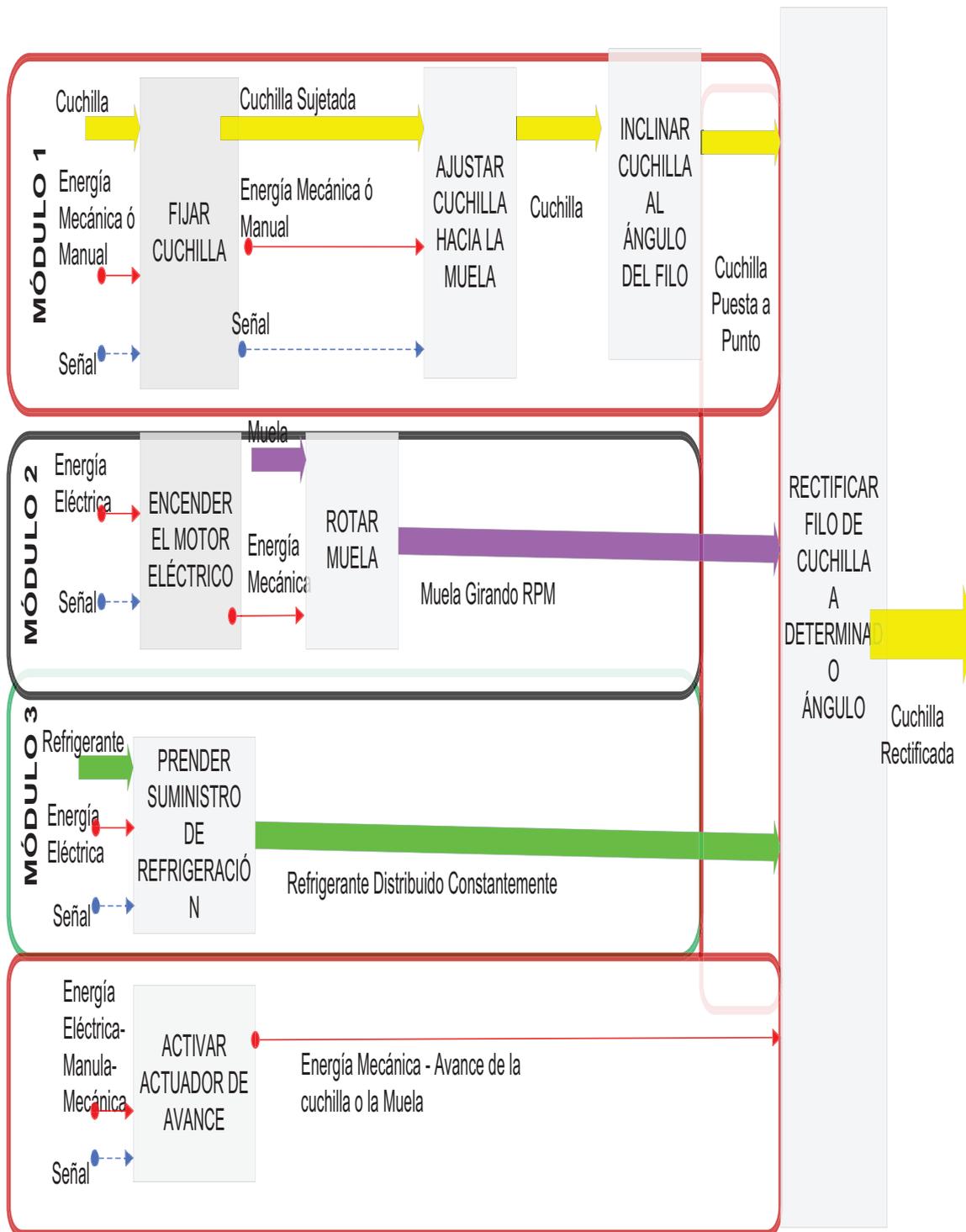
Factor de incidencia fuerte = 9 medio = 3 bajo = 1

○ o *

Factor de venta fuerte = 1,5 posible = 1,2 ningún = 1,0

Valores de Referencia	
L=1000-1500 [mm]	
Acero rápido y Metal Duro	
Cuchillas Rectas	
3-5 HP 220/360 Voltios 50Hz	
Mesa 800 x 400	
Muela de Ø 350 x 40 x 127 [mm]	
1500 RPM	
Reconstruido máximo 350 x 450 [mm]	
350 kg	
Semiautomática	
200 [mm] de desplazamiento	
13800 \$	

ANEXO II
DIAGRAMA FUNCIONAL DEL PROTOTIPO



ANEXO II: DIAGRAMA FUNCIONAL DEL PROTOTIPO

FUENTE: PROPIA

ANEXO III

**TABLAS DE ESFUERZOS CRITICOS PARA DISEÑO A
COMPRESIÓN**

TABLE 3-50
Design Stress for Compression Members of
50 ksi Specified Yield Stress Steel, $\phi_c = 0.85$ ^[a]

K/r	$\phi_c F_{cr}$ ksi								
1	42.5	41	37.6	81	26.3	121	14.6	161	8.23
2	42.5	42	37.4	82	26.0	122	14.3	162	8.18
3	42.5	43	37.1	83	25.7	123	14.1	163	8.03
4	42.5	44	36.9	84	25.4	124	13.9	164	7.93
5	42.4	45	36.7	85	25.1	125	13.7	165	7.84
6	42.4	46	36.4	86	24.8	126	13.4	166	7.74
7	42.4	47	36.2	87	24.4	127	13.2	167	7.66
8	42.3	48	35.9	88	24.1	128	13.0	168	7.56
9	42.3	49	35.7	89	23.8	129	12.8	169	7.47
10	42.2	50	35.4	90	23.5	130	12.6	170	7.38
11	42.1	51	35.1	91	23.2	131	12.4	171	7.30
12	42.1	52	34.9	92	22.9	132	12.3	172	7.21
13	42.0	53	34.6	93	22.6	133	12.1	173	7.13
14	41.9	54	34.3	94	22.3	134	11.9	174	7.05
15	41.8	55	34.1	95	22.0	135	11.7	175	6.97
16	41.7	56	33.8	96	21.7	136	11.5	176	6.89
17	41.6	57	33.5	97	21.4	137	11.4	177	6.81
18	41.5	58	33.2	98	21.1	138	11.2	178	6.73
19	41.4	59	33.0	99	20.8	139	11.0	179	6.66
20	41.3	60	32.7	100	20.5	140	10.9	180	6.59
21	41.2	61	32.4	101	20.2	141	10.7	181	6.51
22	41.0	62	32.1	102	19.9	142	10.6	182	6.44
23	40.9	63	31.8	103	19.6	143	10.4	183	6.37
24	40.8	64	31.5	104	19.3	144	10.3	184	6.30
25	40.6	65	31.2	105	19.0	145	10.2	185	6.23
26	40.5	66	30.9	106	18.7	146	10.0	186	6.17
27	40.3	67	30.6	107	18.4	147	9.87	187	6.10
28	40.1	68	30.3	108	18.1	148	9.74	188	6.04
29	40.0	69	30.0	109	17.8	149	9.61	189	5.97
30	39.8	70	29.7	110	17.6	150	9.48	190	5.91
31	39.6	71	29.4	111	17.3	151	9.36	191	5.85
32	39.4	72	29.1	112	17.0	152	9.23	192	5.79
33	39.3	73	28.8	113	16.7	153	9.11	193	5.73
34	39.1	74	28.5	114	16.4	154	9.00	194	5.67
35	38.9	75	28.2	115	16.1	155	8.88	195	5.61
36	38.7	76	27.9	116	15.9	156	8.77	196	5.55
37	38.5	77	27.6	117	15.6	157	8.66	197	5.50
38	38.2	78	27.2	118	15.3	158	8.55	198	5.44
39	38.0	79	26.9	119	15.1	159	8.44	199	5.39
40	37.8	80	26.6	120	14.8	160	8.33	200	5.33

[a] When element width-to-thickness ratio exceeds λ , use Appendix B5.3.

TABLA DE ESFUERZOS CRITICOS PARA DISEÑO A COMPRESIÓN (Ksi)

FUENTE: MANUAL DE LA AISC

TABLE 3-50M
Design Stress for Compression Members of
345 MPa Specified Yield Stress Steel, $\phi_c = 0.85$ ^[a]

$\frac{Kl}{r}$	$\phi_c F_{cr}$ MPa								
1	293	41	259	81	181	121	101	161	56.8
2	293	42	258	82	179	122	98.9	162	56.1
3	293	43	256	83	177	123	97.3	163	55.4
4	293	44	255	84	175	124	95.7	164	54.7
5	293	45	253	85	173	125	94.2	165	54.1
6	292	46	251	86	171	126	92.7	166	53.4
7	292	47	249	87	169	127	91.2	167	52.8
8	292	48	248	88	166	128	89.8	168	52.1
9	292	49	246	89	164	129	88.4	169	51.5
10	291	50	244	90	162	130	87.1	170	50.9
11	291	51	242	91	160	131	85.7	171	50.3
12	290	52	241	92	158	132	84.5	172	49.7
13	290	53	239	93	156	133	83.2	173	49.2
14	289	54	237	94	154	134	82.0	174	48.6
15	288	55	235	95	152	135	80.7	175	48.1
16	288	56	233	96	149	136	79.6	176	47.5
17	287	57	231	97	147	137	78.4	177	47.0
18	286	58	229	98	145	138	77.3	178	46.4
19	286	59	227	99	143	139	76.2	179	45.9
20	285	60	225	100	141	140	75.1	180	45.4
21	284	61	223	101	139	141	74.0	181	44.9
22	283	62	221	102	137	142	73.0	182	44.4
23	282	63	219	103	135	143	72.0	183	43.9
24	281	64	217	104	133	144	71.0	184	43.5
25	280	65	215	105	131	145	70.0	185	43.0
26	279	66	213	106	129	146	69.0	186	42.5
27	278	67	211	107	127	147	68.1	187	42.1
28	277	68	209	108	125	148	67.2	188	41.6
29	276	69	207	109	123	149	66.3	189	41.2
30	275	70	205	110	121	150	65.4	190	40.8
31	273	71	203	111	119	151	64.5	191	40.3
32	272	72	201	112	117	152	63.7	192	39.9
33	271	73	199	113	115	153	62.9	193	39.5
34	269	74	196	114	113	154	62.1	194	39.1
35	268	75	194	115	111	155	61.3	195	38.7
36	267	76	192	116	109	156	60.5	196	38.3
37	265	77	190	117	107	157	59.7	197	37.9
38	264	78	188	118	106	158	58.9	198	37.5
39	262	79	186	119	104	159	58.2	199	37.2
40	261	80	184	120	102	160	57.5	200	36.8

[a] When element width-to-thickness ratio exceeds λ_c , see Appendix B5.3.

TABLA DE ESFUERZOS CRITICOS PARA DISEÑO A COMPRESIÓN (Mpa)

FUENTE: MANUAL DE LA AISC

ANEXO IV

TABLAS PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE

MATERIALES

$$K_{m1} = K_{m1} \cdot f_r \cdot f_e$$

Valores de K_{m1} , según material de la pieza, para $h_m=0,2\text{mm}$, y ángulo de desprendimiento $\gamma=7^\circ$

Material		Dureza HB	K_0 (Kp/mm ²)
Acero al carbono no aleado normalizado	C 0,15%	125	245
	C 0,35%	150	270
	C 0,70%	250	295
Acero poco aleado	Recocido	125-200	285
	Endurecido	200-450	350
Acero altamente aleado	Recocido	150-250	315
	Endurecido	250-500	365
Acero inoxidable	Ferrítico-Martens.	175-225	325
	Austenítico	150-200	350
Acero fundido (inoxidable)	No aleado	225	230
	Poco aleado	150-250	250
	Altamente aleado	150-300	285
Acero al manganeso		>50 HRC	600
Fundición maleable	Viruta corta	110-145	195
	Viruta larga	200-250	180
Fundición gris	Poca resist. a tracc.	150-225	125
Fundición gris y fundición aleada	Alta resistencia a la tracción	200-300	160
Fundición modular, hierro SG	Ferrítica	125-200	135
	Perlítica	200-300	200
Fundición endurecida en coquilla		HRC 40-60	425
Aluminio aleado		100	75

Tabla 1. Valores de K_{m1} para operaciones de frecado.

Factor de corrección f_e en función de h_m

h_m (mm)	f_e	h_m (mm)	f_e	h_m (mm)	f_e
0,05	1,50	0,30	0,89	0,60	0,72
0,10	1,23	0,35	0,85	0,70	0,69
0,15	1,10	0,40	0,81	0,80	0,66
0,20	1,00	0,45	0,79	0,90	0,64
0,25	0,94	0,50	0,76	1,00	0,62

Tabla 2. Tabla de factor de corrección f_e en función del espesor medio de viruta h_m .



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

CUADRADO

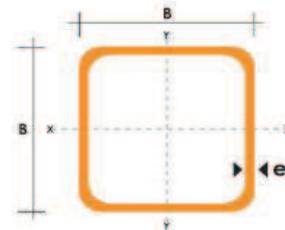
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma:	ASTM A-500
Recubrimiento:	Negro o galvanizado
Largo normal:	6.00m
Otros largos:	Previa Consulta
Dimensiones:	Desde 20.00mm a 100.00mm
Espesor:	Desde 2.00mm a 3.00mm



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





DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

DSERVICIOS

PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales

Norma	Ver tabla
Espesores	1,20mm a 100,00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm, 1800mm
Planchas	4 x 8 pies y a medida



PLANCHAS

Calidad Comercial

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS			NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

Calidad Estructural

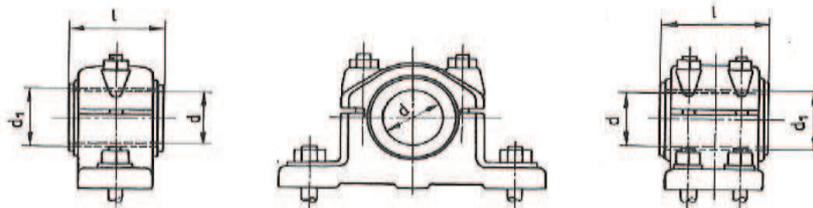
NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS					NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

Clasificación Clasificación Equipos	Asientos de Equipos	en Puntos Circulares	Asientos de Equipos de Tipo Wagon-Lite	Asientos de Equipos de Tipo Sofá	Asientos de Equipos de Tipo Sofá	Asientos de Equipos de Tipo Sofá	Página número					
					X	X	X	X	X	X	○	—
	X											—
	X				X	X	X	X	X	X	○	—
					X	X						A18 A37
												A19 A58 A81
												A19
												A19 A96
					X		X	X	X	X		A18
				☆		☆					☆	A18
☆	☆	☆	☆		☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	A19 A20
☆			☆	☆								A20 A21
	☆		☆	☆								A20 A21
				☆								A80 A118 A122
Indicador de MIP		Decoraciones en forma rectangular Es normal en equipos	La tipografía de los equipos de tipo Wagon-Lite es normal en equipos						Indicador de MIP en forma rectangular		Indicador de MIP en forma rectangular	
B61	—	B111	B111 B172 B331	B179	B203	B203	B231	B203 B220	—	B203 B224		

Ejes y árboles de transmisión

DIMENSIONES DE LOS COJINETES DE BRONCE PARA SOPORTES

TABLA 9 . 4



Medidas en mm.

Soportes de dos tornillos			Soportes de cuatro tornillos											
d	l	d ₁	d	l	d'									
25	60	35	<p><i>No se fabrican soportes de diámetros inferiores a 75 mm., del tipo de cuatro tornillos</i></p>											
30		40												
35		70				45								
40	50													
45	80	57				<p><i>No se fabrican soportes de diámetros inferiores a 75 mm., del tipo de cuatro tornillos</i></p>								
50		62												
55	90	68												
60		72												
(65)	100	80							<p><i>No se fabrican soportes de diámetros inferiores a 75 mm., del tipo de cuatro tornillos</i></p>					
70		85												
(75)	100	90										(75)	140	90
80		95										80		95
90	120	105										90	160	105
100		115	100	180	115									
110		125	110		125									
(120)	140	140	(120)	200	140									
125		145	125		145									
(130)		150	(130)		150									
140	160	160	140	220	160									
(150)		170	(150)		170									
<p><i>Los diámetros entre paréntesis deben evitarse en lo posible</i></p>			160		260	180								
			180	200										
			200	300	225									
			220		245									

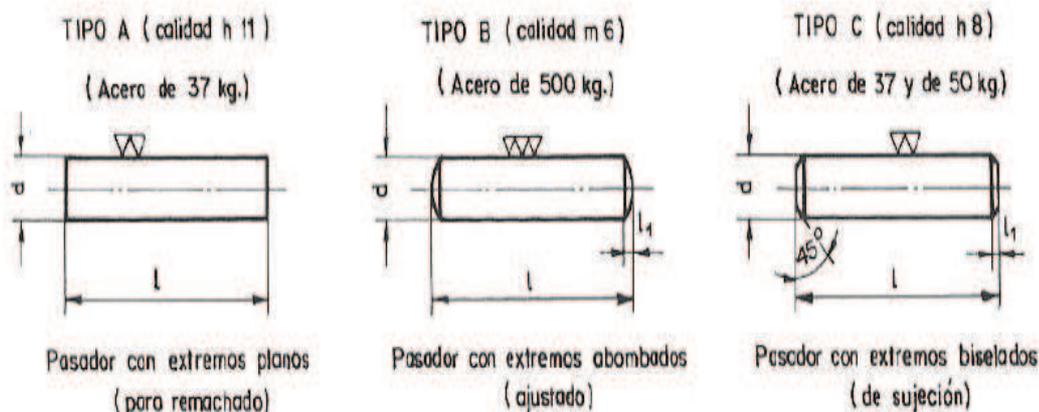
Estados Superficiales	PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN													TABLA 3 . 8
	Clase de trabajo	Poco esmerado			Esmerado			Fino			Refinado			
Clase de rugosidad	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	
Símbolo														
Rugosidad en micrones	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025	0,012	
Rugosidad en micropulgadas	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	0,5	
Oxicorte	██████████													
Aserrado	██████████													
Cepillado, limado		██████████												
Taladrado			██████████											
Fresado		██████████												
Brochado				██████████										
Escariado				██████████										
Mandrinado, torneado		██████████												
Rectificado cilíndrico				██████████										
Pulido cilíndrico							██████████							
Rectificado				██████████										
Alisado					██████████									
Bruñido							██████████							
Lapeado							██████████							
Superacabado							██████████							
Fundición en arena	██████████													
Fundición en coquilla				██████████										
Fundición a presión				██████████										
Forjado		██████████												
Extruido			██████████											
Trefilado en frío			██████████											

Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.

Pasadores y chavetas

Pasadores cilíndricos

TABLA 17₂. 13



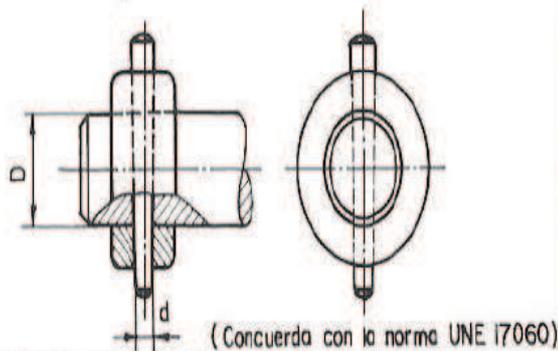
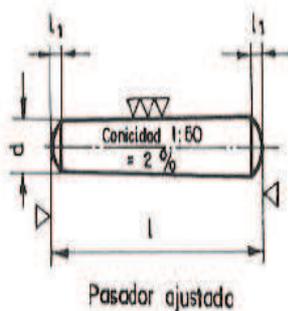
Diámetro nominal d	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	
Longitud	l mín.	2	2	3	4	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	40	50	65	80	100
	l máx.	8	10	12	14	20	25	30	35	45	60	75	100	120	150	190	> 200				
L ₁	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6,3	
Observaciones	Concuerda con la norma UNE 17061																				

Pasadores

Pasadores cónicos

TABLA 17₃. 13

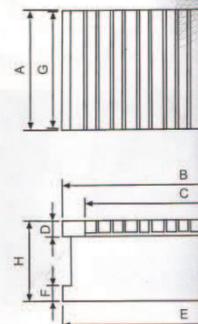
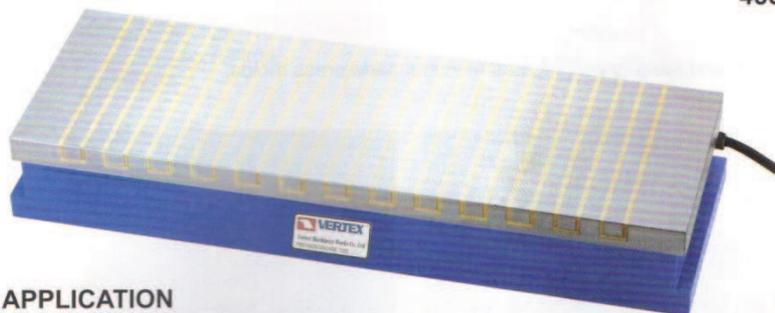
(Material, acero de 50 kg. cuando no se indique otra cosa)



Diámetro nominal d	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	
Longitud	l mín.	2	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	35	35	40	50	60	65	70	75
	l máx.	10	14	16	20	25	30	35	45	60	75	90	120	150	180	200	> 200				
L ₁	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6,3	
Diámetro del eje	D mín.	1,4	2	3	4	5	6	8	8	11	17	23	30	45	75	110	160	De libre elección y disposición			
	D máx.	2	3	4	5	6	8	11	11	17	23	30	45	75	110	160					

Standard Pole Electro Magnetic Chuck

450 GAUSS



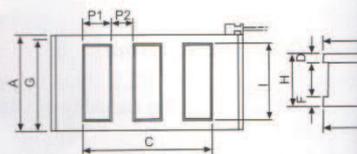
APPLICATION

Most suitable for grinding operation, of standard electromagnet chuck.

ORDER NO.	DIMENSION	CHUCKING SIZE				POLE PITCH	CHUCK MOUNTING FACE				VOLTAGE	CURRENT
		A	B	C	D		P	G	E	F		
VEM-1530A	150x300	150	300	228	20	15(3+12)	144	316	20	70	DC-90V	0.15A
VEM-1535A	150x350	150	350	288	20	15(3+12)	144	366	20	70	DC-90V	0.18A
VEM-1545A	150x450	150	450	378	20	15(3+12)	144	466	20	70	DC-90V	0.24A
VEM-2040A	200x400	200	400	348	20	15(3+12)	194	416	20	70	DC-90V	0.47A
VEM-2045A	200x450	200	450	378	20	15(3+12)	194	466	20	70	DC-90V	0.35A
VEM-2550A	250x500	250	500	438	20	15(3+12)	240	500	20	70	DC-90V	0.73A
VEM-3060A	300x600	300	600	529	20	15(3+12)	290	600	20	70	DC-90V	0.97A
VEM-4080A	400x800	400	800	725	25	19(3+16)	390	800	20	80	DC-90V	1.56A
VEM-40100A	400x1000	400	1000	936	25	19(3+16)	390	1000	20	80	DC-90V	1.60A
VEM-50100A	500x1000	500	1000	936	25	19(3+16)	490	1000	20	80	DC-90V	1.72A

Super-Powerful Electric Magnetic Chuck

MILLIN



APPLICATION

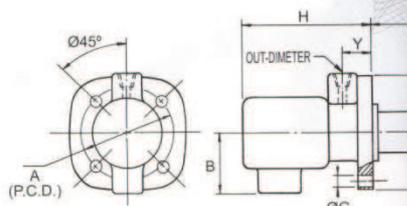
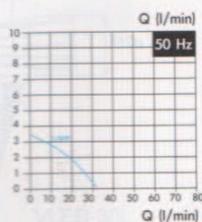
Most efficient for heavy cutting with mill shaper, planer and planomiller. It displa the thick work and the high speed cutting

ORDER NO.	DIMENSION	CHUCKING SIZE					POLE PITCH		CHUCK MOUNTING FACE				VOLTAGE	CURRENT
		A	B	C	D	I	P1	P2	G	E	F	H		
VEM-2040Z	200x400	200	400	332	20	160	40	35	194	400	20	110	DC-90V	0.71
VEM-2050Z	200x500	200	500	422	20	160	48	34	194	500	20	110	DC-90V	0.91
VEM-2060Z	200x600	200	600	520	20	160	48	30	194	600	20	110	DC-90V	1.00
VEM-2550Z	250x500	250	500	422	20	200	42	34	240	500	20	120	DC-90V	1.16
VEM-3060Z	300x600	300	600	520	20	240	48	30	290	600	20	120	DC-90V	1.63
VEM-4080Z	400x800	400	800	718	25	340	48	30	390	800	20	120	DC-90V	2.53
VEM-40100Z	400x1000	400	1000	917	25	340	45	35	390	1000	20	120	DC-90V	2.96
VEM-50100Z	500x1000	500	1000	917	25	430	45	35	490	1000	20	120	DC-90V	3.96
VEM-60100Z	600x1000	600	1000	917	25	530	45	35	590	1000	20	120	DC-90V	5.30

1/8 HP. Under water Coolant Pump

Features

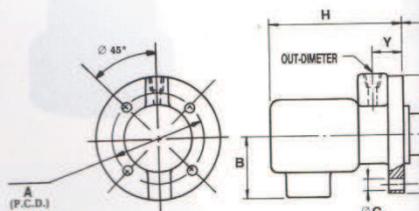
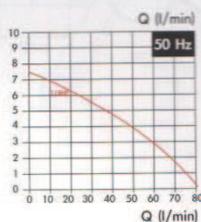
This is the pump in best quality with anti-rust treatment, use high grade material for the complete set and has been duly inspected in five steps by precision electron device.



POWER	A	B	C	D	G	H	Y	OUT-DIMETER
1/8 HP	128±0.2	105	Ø90	Ø150	Ø8	160	19	PT 3/8

ORDER NO.	TYPE	POWER	L m/m	PUMPING WATER	
				1 m/min	2 m/min
VWP-0810	UNDER WATER	1/8 HP	100		
VWP-0813			130	27ℓ-28ℓ	25ℓ-26ℓ
VWP-0815			150		
VWP-0818			180		

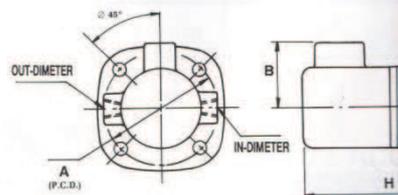
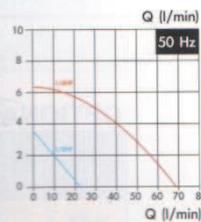
1/4 HP. Under Water Coolant Pump



POWER	A	B	C	D	G	H	Y	OUT-DIMETER
1/4 HP	158±0.2	125	Ø122	Ø180	Ø8	180	26	PT 1/2

ORDER NO.	TYPE	POWER	L m/m	PUMPING WATER	
				1 m/min	2 m/min
VWP-0415	UNDER WATER	1/4 HP	160		
VWP-0418			180		
VWP-0420			200	74ℓ-76ℓ	71ℓ-72ℓ
VWP-0424			240		
VWP-0427	270				

Self Priming Coolant Pump 1/8 HP. 1/4 HP



POWER	A	B	D	G	H	Y	IN-DIMETER	OUT-DIMETER
1/8 HP	140±0.2	105	165	Ø8	195	50±0.5	PT 3/8	PT 3/8
1/4 HP	185±0.2	125	225	Ø8	240	65±0.5	PT 1/2	PT 1/2

ORDER NO.	TYPE	POWER	PUMPING WATER	
			1 m/min	2 m/min
VWP-089	SELF PRIMING	1/8 HP	26ℓ-27ℓ	24ℓ-25ℓ
VWP-049		1/4 HP	73ℓ-75ℓ	70ℓ-71ℓ

ANEXO V
COTIZACIÓN MAQUINA RECTIFICADORA DE
CUCHILLAS IMPORTADA

Afiladora de cuchillas modelo BM-6.5 con bajada automática.

Las afiladoras AM y BM son el estándar para las carpinterías y pequeños talleres. Con un coste muy económico y sus diferentes opciones disponibles se puede realizar el afilado de diferentes herramientas como son las cuchillas de cepilladoras, cuchillas de acero y placas perfiladas de metal duro. El poco espacio que ocupa la máquina, bajo mantenimiento y fácil uso la hacen apropiada para todo el mundo: ya sea afilador o no.



Los modelos BM incluyen bajada automática de la muela. Afilado de 4 cuchillas de cepilladora a la vez
Para más información y vídeos pulse aquí: [ELITE modelo AFILAmag MD](#)

EL PRECIO DE ESTE CONJUNTO SEGÚN TARIFA ES DE 17.300 € (23.355 USD) + Gastos de envío.

CON LA PROMOCIÓN QUE LES ESTAMOS OFRECIENDO QUEDA EN **14.700 € (19.845 USD)**

PROMOCIÓN VALIDA HASTA FINAL DE EXISTENCIAS, **ENVÍO INCLUIDO CIF** (NO INCLUYE TASAS O IMPUESTOS) No deje escapar esta excelente oportunidad para renovar su taller con unas condiciones excepcionales. Esperamos que esta promoción sea de su interés, quedamos a su disposición para cualquier información adicional que puedan precisar, entretanto y a la espera de sus noticias, reciban un cordial y afectuoso saludo.

Óscar Ferrao

España +34 932 935 178 - +34 633 555 012

Email oferrao@elite.cat

Web www.elite.cat

Skype: elite.oferrao

ANEXO VI
HOJAS DE PROCESO

HOJA DE PROCESOS			PUENTE DE MOTOR MÓVIL		
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS			Tiempo de duración: 135 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto (mm)	Observaciones
	1	Puente de motor móvil	ASTM A-36	466x300	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	Nº PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	20	15
a,b,c,d,e,f,g,h	Medición y trazado de centros		1		20
a,b,c,d,e,f,g,h	Perforaciones Pasantes	500	3	20	25
3,4	Medición y trazado de centros		4		15
3,4	Perforaciones y roscado	500		20	35
2	Eliminar aristas vivas	500	2	0.5	5

HOJA DE PROCESOS				COJINETE DE DESLIZAMIENTO	
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS				Tiempo de duración: 80 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Cojinete de deslizamiento	SAE 65 BRONCE	100x90	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	Nº PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		
1	Medición y Corte		1		15
1,2	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer centros	385	3	0,5	25
3	Perforar	125	3	100	20
4	Cilindrar	385	4	10	15
5,6,7,8	Chaflán	385	1	<45	5

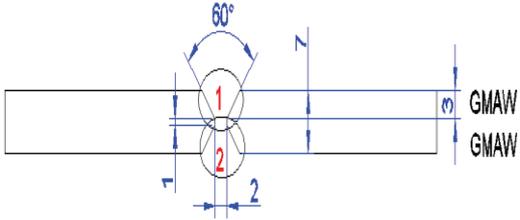
HOJA DE PROCESOS			EJE PORTA RODAMIENTOS		
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS			Tiempo de duración: 100 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje porta rodamientos	AISI 1018	Ø25x49	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	Nº PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		
1	Medición y Corte		1		15
1,2	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer centros	385	3	0,5	25
3	Cilindrar	385	4	5	15
5	Radio de curvatura	385	2	1	5
4	Cilindrar	385	5	8	15
7	Acanalar	125	1	1	15
6	Roscado	125	2	2.5	5
9,8	Chaflán	385	1	<45	5

HOJA DE PROCESOS				EJE SOPORTE BASCULANTE	
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS				Tiempo de duración: 80 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Eje soporte basculante	AISI 1018	170x50	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	Nº PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		
1	Medición y Corte		1		15
1,5	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer centros	385	3	0,5	25
7	Roscar	125	4	4	15
2,6,8	Chafilán	385	1	<45	5
4	Cilindrar	385	4	9	15
3	Radio de curvatura	385	2	1	5

HOJA DE PROCESOS				MESA	
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS				Tiempo de duración: 88 min	
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto	Observaciones
	1	Mesa	Acero A36	1250x150	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	Nº PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		8
1	Medición y Corte		1		15
1,5	Puesta a Punto, Refrentar y Hacer centros	385	3	0,5	25
3,8	Cilindrar	385	4	4	15
7,2,6	Chaflán	385	1	<45	5
9,10,4	Radio de curvatura	385	2	5	5
11	Chavetero Fresado	125	4	5	20

HOJA DE PROCESOS			PLACA LATERAL DEL PUENTE		
Nombre de la unidad: RECTIFICADORA DE CUCHILLAS			Tiempo de duración: 135 min		
Posición	Cantidad	Denominación	Material	Dimensiones en Bruto (mm)	Observaciones
	2	Placa lateral del puente	ASTM A-36	120x300X20	Ninguna
SUPERFICIE	OPERACIÓN	VELOCIDAD (RPM)	N° PASADAS	PROFUNDIDAD (mm)	TIEMPO (min)
1	Trazado		1		10
1	Corte de la Plancha		1	20	15
4,5,6,7,8,9	Medición y trazado de centros		1		20
4,5,6,7,8,9	Perforaciones Pasantes	500	3	20	25
3	Despuntas	385	4	R 10	15
a,b,c,d,e,f,g,h	Medición y trazado de centros		1		10
a,b,c,d,e,f,g,h	Perforaciones	500		15	35
2	Eliminar aristas vivas	500	2	0.5	5

ANEXO VII**WPS**

INMECEINC (MECÁNICA EN GENERAL)	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)		
CLIENTE: CONFITECA C.A		ELABORADO POR: DAVID CLAUDIO	
WPS N°: INMEC-0010	FECHA: 04/03/2013	SOPORTADO POR PQR N°:	
REVISIÓN: 0		FECHA: 4 MARZO 2013	
PROCESO DE SOLDADURA: GMAW			
TIPO: MANUAL SEMIAUTOMÁTICA <input checked="" type="checkbox"/> X AUTOMÁTICA			
JUNTAS (QW-402) DISEÑO DE LA JUNTA : A TOPE RESPALDO(S): SI <input checked="" type="checkbox"/> X NO <input type="checkbox"/> __ TIPO DE MATERIAL DE LA PLACA DE RESPALDO ASTM A-36 WELD METAL <input checked="" type="checkbox"/> X METAL NO FUNDIDO NO METÁLICO <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>		DETALLE DE LA JUNTA 	
METAL BASE (QW-403) P N° I GRUPO N° I AL P. N° I GRUPO N° I ESPECIFICACIÓN Y GRADO DEL MATERIALE: ASTM A-36 ÁNÁLISIS QUÍMICO Y PROPIEDADES MECÁNICAS: METAL BASE BISEL: 3- 9 mm FILETE: F			
METALES DE APORTE (QW-404) ESPECIFICACIÓN N° : 5.18 AWS N° : ER 70S-6 F N° : 6 A N° : DIÁMETRO DEL ELECTRODO: 0.035 [plg] RANGO DE ESPESORES DEL METAL DEPOSITADO: BISEL: 3-9 [mm]			

FILETE: 3-9 [mm]					
CLASE DE ELECTRODO DEL FUNDENTE: N/A					
MARCA DEL FUNDENTE:		N/A			
OTROS:		N/A			
POSICIONES (QW-405)	TRATAMIENTO TÉRMICO DESPUES DE SOLDAR (QW-407)				
POSICIÓN(ES) : 1G	RANGO DE TEMPERATURA: N/A				
PROGRESIÓN DE SOLDADURA: ASCEN X DESCEN	RANGO DE TIEMPO. N/A				
POSICIONES DEL FILETE: 2F					
GAS PROTECTOR(QW-408)					
PRECALENTAMIENTO (QW-406)			Mezcla	Rango de Flujo	
	TEMP. MIN. DE PRECALENTAMIENTO: SEGÚN TABLA 3.2	DE PROTECCIÓN	Ar-CO2	80-20	14-24 lt/min
	TEMP. MAX ENTRE PASES: AWS D1.1 :2010	DE ARRASTRE	N/A		
		DE RESPALDO	N/A		

INMECEINC	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)		
(MECÁNICA EN GENERAL)			
	CARÁCTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409):		
	CORRIENTE: DC	POLARIDAD: POSITIVO	
	AMPERAJE RANGOS: 220-250 A	VOLTAJE: 20-25 V	
	DIAMETRO DE TIPO DE ELECTRODO TUGSTENO N/A		
	MODO DE TRANSMITIR EL MATERIAL DE APORTE PARA MIG. ARCO SPRAY		
	RANGO DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE:		
	TÉCNICA(QW-410):		
	RECTA U OSCILACIÓN:	RECTA	

		ORIFICIO O TAMAÑO DE LA TOBERA:		16 [mm]				
		LIMPIEZA INICIAL Y ENTRE PASES:		GRATA O CEPILLO METÁLICO				
		MÉTODO PARA ALCANZAR LA RAÍZ.		ESMERIL				
		OSCILACIÓN:						
		DISTANCIA DEL TRABAJO AL TUBO DE CONTACTO:		N/A				
		PASE SIMPLE O MULTIPLE:		2 PASES				
		ELECTRODO SIMPLE O MÚLTIPLE:		N/A				
		VELOCIDAD DE APLICACIÓN (RANGO)						
		MARTILLO:		N/A				
		OTROS:						
PASES DE SOLDADURA	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE		RANGO DE VOLTAJE	VELOCIDAD DE PASE	OBS.
		CLASE	DIAM	TIPO POLARIDAD	RANGO DE AMPERAJE			
1	GMAW	ER70 S-6	0.035 "	DC+	235-254	22-23	272 mm/min	
2	GMAW	ER 70S-6	0.035 "	DC+	235-254	22-23	272 mm/min	

ANEXO VIII
DIAGRAMAS DE CONTROL DE LA
RECTIFICADORA

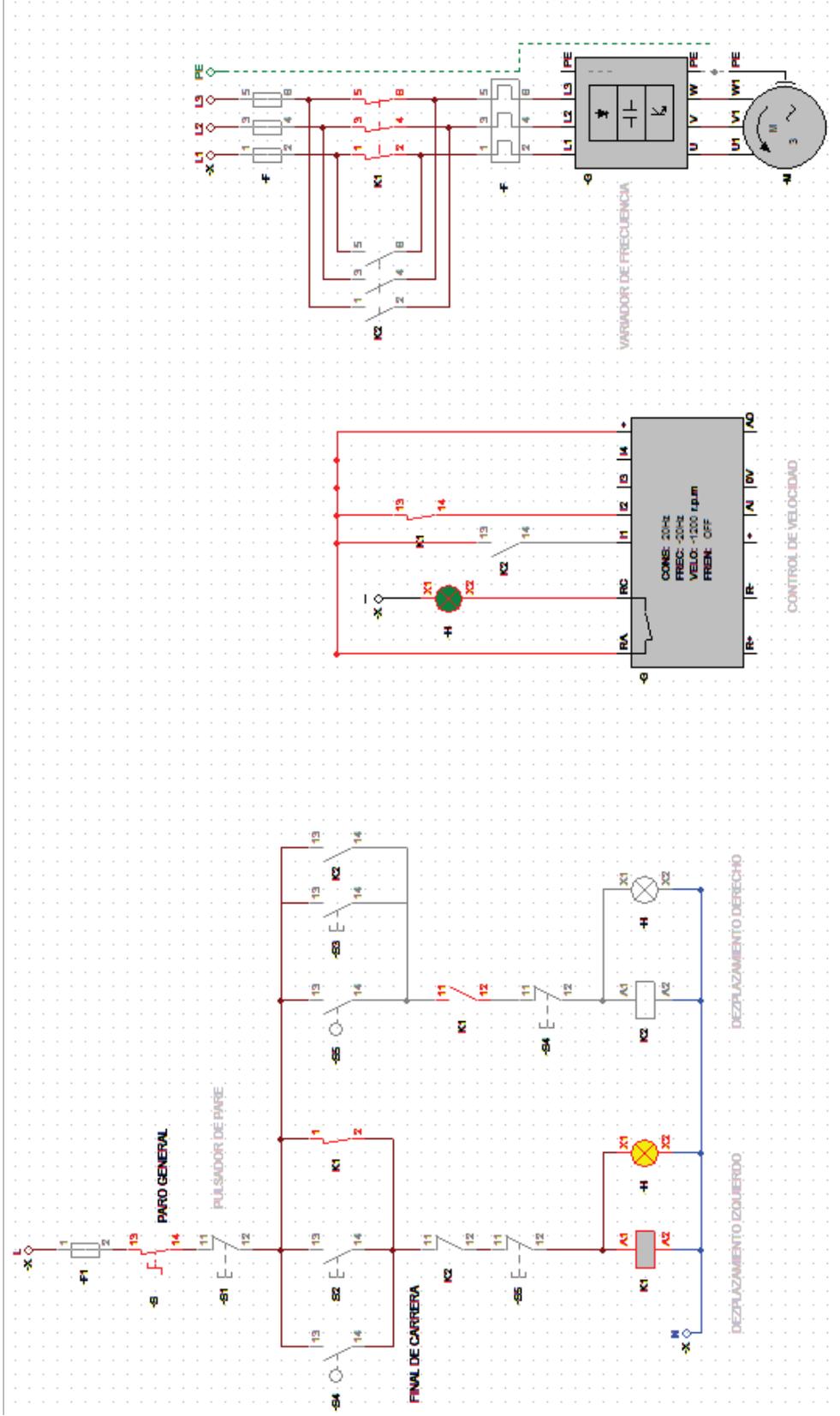


DIAGRAMA DE CONTROL LONGITUDINAL

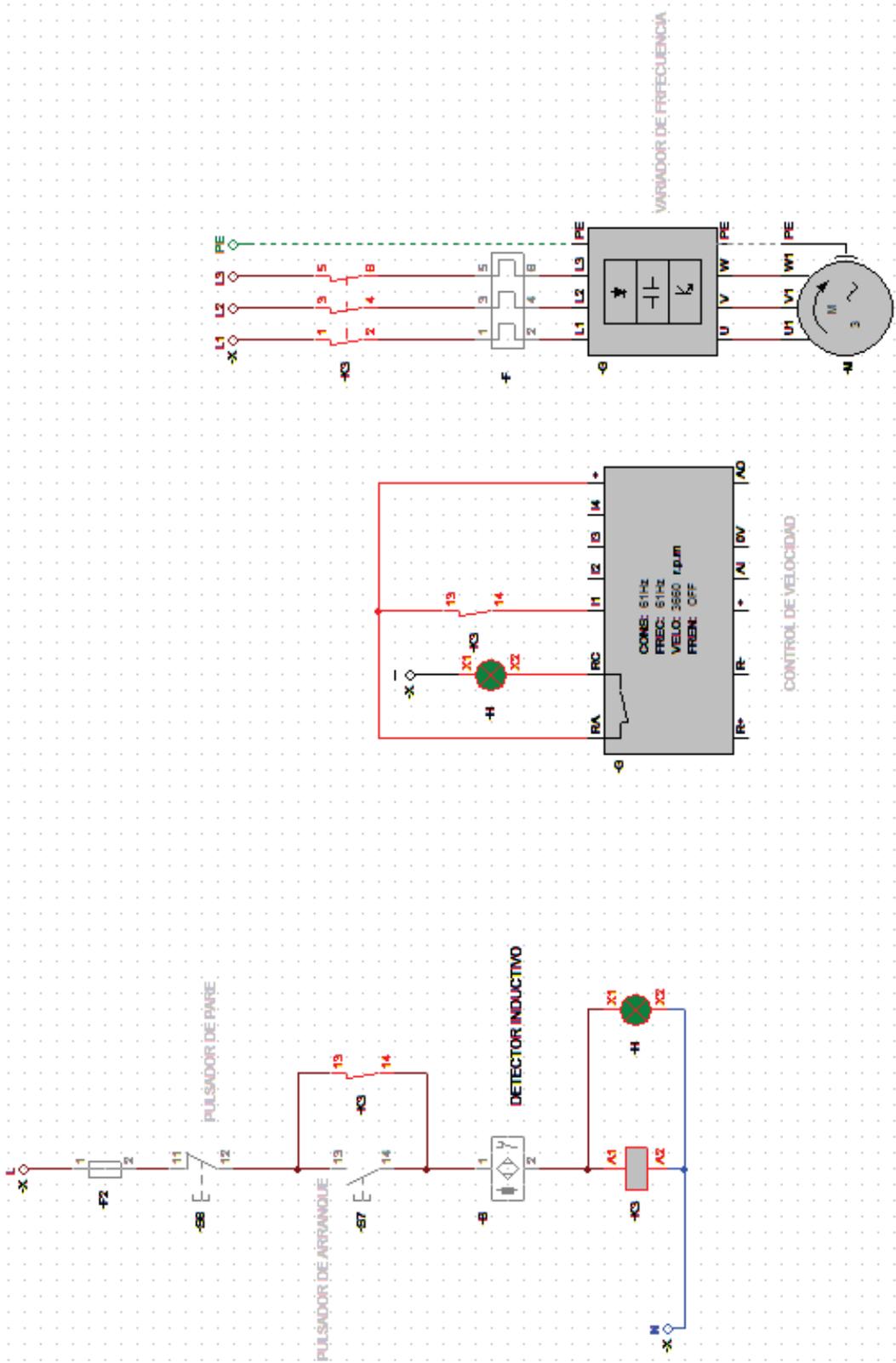
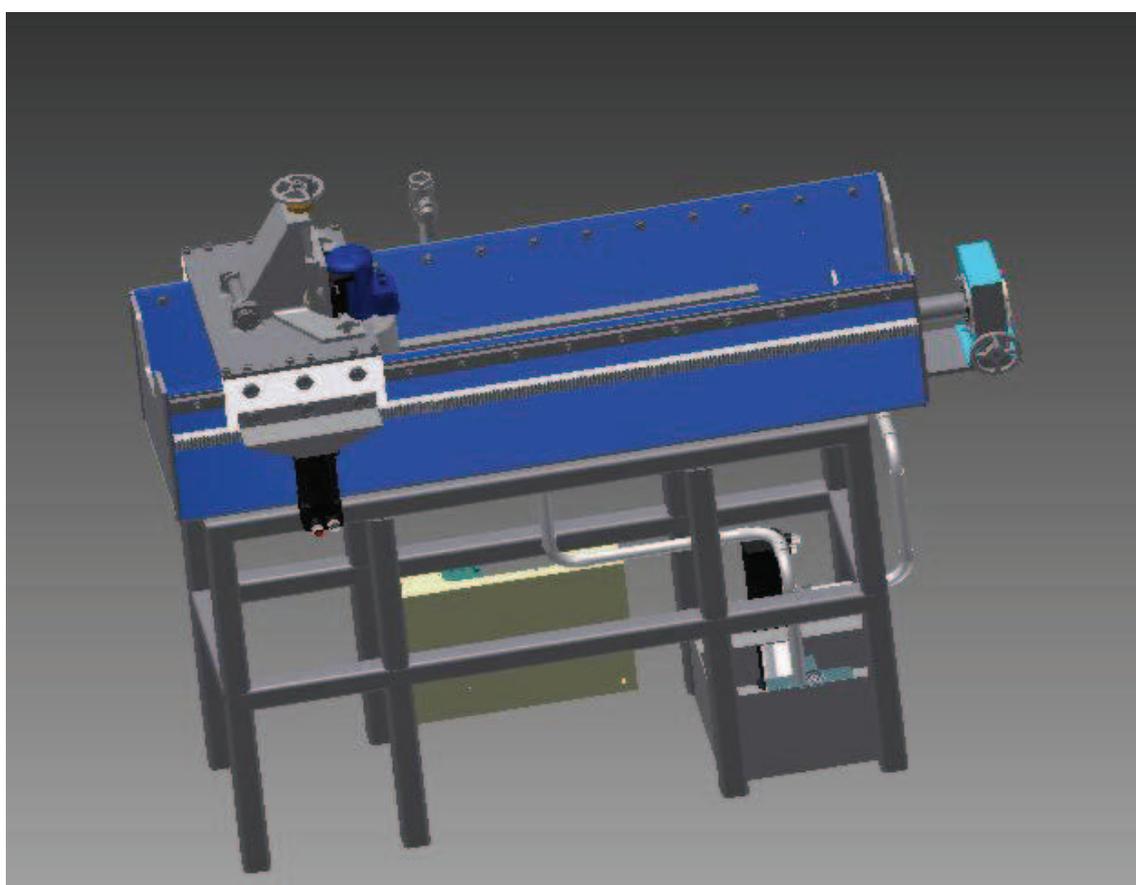
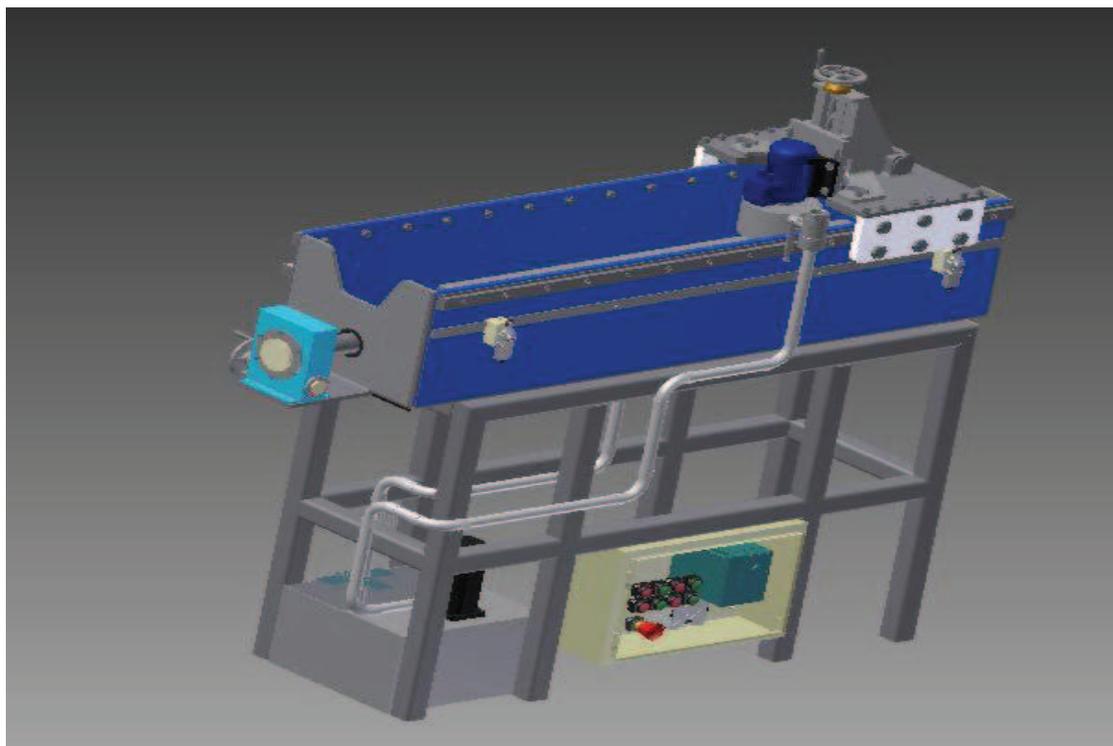
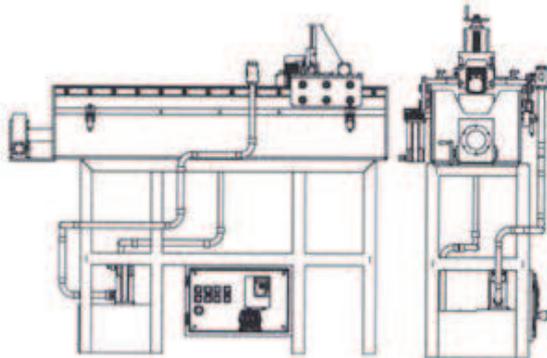


DIAGRAMA DE CONTROL PARA MUELA

ANEXO IX
PROTOTIPO OBTENIDO



ANEXO X
PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS PROTOTIPO RECTIFICADORA DE CUCHILLAS						
EMPRESA	CONFITECA C.A					
EVALUADOR	Ing. Jaime Vargas/David Claudio/Darío Segarra					
FECHA	Quito, 15 de mayo 2013					
DISEÑADOR	David Claudio/Darío Segarra					
DESCRIPCIÓN	RECTIFICADORA DE CUCHILLAS					
						
1. VERIFICACIÓN DE MEDIDAS GENERALES						
Dimensiones Generales	Instrumento Medición	Valor Estimado	Valor Medido	Tolerancia [mm]	Aprobado	
					Si	No
Largo [mm]	Flexómetro	1600	1610	± 20	x	
Ancho [mm]	Flexómetro	600	590	± 20	x	
Alto [mm]	Flexómetro	1450	1445	± 20	x	
2. VERIFICACIÓN DE APARIENCIA						
Nombre del componente		Especificaciones	Recubrimiento	Si	No	
Mecanismo de Movimiento de Avance		Sin aristas vivas		x		
Mecanismo de Avance Vertical		Sin aristas vivas		x		
Rotación de la Mesa		Sin aristas vivas	Pintura	x		
Mecanismo de Avance Transversal		Sin aristas vivas		x		
Soporte de Mecanismo de Afilado		Sin aristas vivas	Pintura	x		
Mecanismo de Posición y Anclaje		Sin aristas vivas	Pintura	x		
Bastidor		Sin aristas vivas	Pintura	x		
3. VERIFICACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS Y SOLDADAS						
N°	Elemento	Especificaciones	Aprobado			
			Si	No		
1	Elementos Móviles	Verificar que los elemento móviles se encuentren protegidos tales como: eje motriz de movimiento de corte, movimiento de avance longitudinal, transversal y vertical	x			

2	Juntas Empernadas	Verificar apriete de elementos empernados con bastidor	x		
3	Soldadura	Verificar que la soldadura del bastidor no tenga grietas o imperfecciones visibles.	x		
4	Afiladora en General	Verificar las superficies expuesta al ambiente se encuentren recubiertos con pintura.	x		
4. FUNCIONAMIENTO					
N°	Detalle	Con carga	Sin carga	Aceptado	
				Si	No
1	Verificar que el sistema de control eléctrico funcione: encendido y apagado		x	x	
2	Verificar que no exista desalineamientos en los movimientos	x		x	
3	Verificar que el torque del motor sea el correcto para máxima profundidad de corte	x		x	
4	Verificar que no exista vibraciones que afecten el rectificado del filo de la cuchilla	x		x	
5	Verificar que la deflexión no supere el límite de 0.001 [mm]	x		x	
6	Verificar que la rotación de la mesa sea auto bloqueante		x	x	
7	Verificar que el movimiento Longitudinal sea suave y constante		x	x	
8	Verificar que la refrigeración y el drenaje sea constante		x	x	
5. VERIFICAR ACABADO SUPERFICIAL DEL AFILADO					
N°	Verificar	Inspección o Medición	Aceptado		
			Si	No	
1	Acabado Superficial N 6	Visual y Táctil	x		
2	Dimensiones +/-0.1 [mm]	Pie de Rey y Micrómetro	x		
6. CONCLUSIONES					
En base a las pruebas realizadas y verificaciones planteadas se concluye que el prototipo cumple con las especificaciones dadas, en conclusión el diseño, construcción y montaje ha sido apropiado de tal forma que cumple satisfactoriamente el rectificado de cuchillas.					
7. OBSERVACIONES					
Ninguna			Se aprueba el prototipo:		
			Si	No	
			x		
REVISADO POR:		AUTORIZADO POR:			
Ing. Jaime Vargas		Confiteca C. A.			

ANEXO XI

SEGURIDAD PARA EL MANEJO DEL PROTOTIPO

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD



Se incluyen en este manual Símbolos de Atención de Seguridad para alertarlo de posibles Riesgos para la Seguridad. Cada vez que vea estos símbolos, siga las instrucciones indicadas por ellos.



El Símbolo de Advertencia **identifica** instrucciones o procedimientos especiales de seguridad que, de no seguirse correctamente, podrían resultar en lesiones personales.

El Símbolo de Precaución **identifica** instrucciones o procedimientos especiales que, de no observarse estrictamente, podrían resultar en daño o destrucción de equipos.

1. MANTENGA LAS BARRERAS PROTECTORAS EN SU LUGAR y en condiciones operativas.

2. RETIRE LLAVES Y DEMÁS HERRAMIENTAS.

3. MANTENGA LIMPIA EL ÁREA DE TRABAJO.

4. NO USE EN UN ENTORNO PELIGROSO. No use la rectificadora en lugares húmedos o mojados ni la exponga a la lluvia. Mantenga bien iluminada el área de trabajo.

5. MANTENGA ALEJADOS A LOS VISITANTES. Todos los visitantes deben permanecer a una distancia segura del área de trabajo.

6. DISEÑE EL ÁREA DE TRABAJO A PRUEBA DE NIÑOS, con candados y llaves maestras.

7. NO FUERCE LA RECTIFICADORA. Hará el trabajo mejor y más seguro si se usa según se especifica en este manual.

8. USE LA HERRAMIENTA CORRECTA. No fuerce la rectificadora ni ningún accesorio para hacer un trabajo para el cual no ha sido diseñada.

9. USE LA INDUMENTARIA ADECUADA. No use ropa floja, guantes, corbatas ni joyas que podrían engancharse en las piezas móviles. Se recomienda el uso de calzado antideslizante. Cúbrase el cabello largo con un gorro protector.

10. USE SIEMPRE GAFAS DE SEGURIDAD.

11. ASEGURE SU PIEZA DE TRABAJO. Asegúrese que la unidad de corte esté bien fija, con las abrazaderas colocadas antes de operar la máquina.

12. NO PIERDA EL EQUILIBRIO PARA ALCANZAR ALGO. Mantenga en todo momento el equilibrio y la posición segura.

13. EFECTÚE EL MANTENIMIENTO CUIDADOSO DE LA RECTIFICADORA. Siga las instrucciones que figuran en el Manual de Servicio Técnico en relación con la lubricación y el mantenimiento preventivo.

14. DESCONECTE LA ALIMENTACIÓN ANTES DE DAR SERVICIO TÉCNICO, o al cambiar la rueda rectificadora.

15. REDUZCA EL RIESGO DE ARRANQUE ACCIDENTAL. Asegúrese que el interruptor esté en posición de apagado (OFF) antes de conectar la rectificadora.

16. USE LOS ACCESORIOS RECOMENDADOS. Consulte el manual para interiorizarse de cuáles son los accesorios recomendados. El uso de accesorios inadecuados puede causar riesgo de lesiones personales.

17. CONTROLE LAS PIEZAS DAÑADAS. Repare o reemplace la barrera protectora u otra pieza que esté dañada o que no desempeñe la función para la cual fue diseñada.

18. NUNCA DEJE LA RECTIFICADORA PRENDIDA EN DESATENTO. APAGELA. No deje a la rectificadora hasta que llegue a una parada completa.

19. CONOZCA SU EQUIPO. Lea este manual con suma atención. Aprenda la aplicación y limitaciones de su equipo, como así también los riesgos potenciales específicos.

20. MANTENGA TODAS LAS CALCOMANÍAS DE SEGURIDAD LIMPIAS Y LEGIBLES. En caso de daño o ilegibilidad de las calcomanías de seguridad por cualquier motivo, cámbielas de inmediato. Remítase a las ilustraciones de las piezas de reemplazo que figuran en el Manual de Servicio Técnico para ubicar bien e informarse de los números de parte de las calcomanías de seguridad.

21. NO OPERE LA RECTIFICADORA CUANDO ESTÉ BAJO LA INFLUENCIA DE DROGAS, ALCOHOL O MEDICACIÓN.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD



EL USO INADECUADO DE LA RUEDA RECTIFICADORA PUEDE CAUSAR ROTURAS Y LESIONES GRAVES.



La operación de rectificado es segura si se siguen algunas reglas básicas que se mencionan a continuación y que están basadas en el material contenido en el Código de Seguridad ANSI B7.1 para el "Uso, Cuidado y Protección de ruedas Abrasivas". Para su seguridad, le sugerimos que se beneficie de la experiencia de los demás y observe dichas reglas.

SÍ

1. MANIPULE Y GUARDE siempre las ruedas con sumo cuidado.
2. INSPECCIONE VISUALMENTE todas las ruedas antes del montaje para verificar que no estén dañadas.
3. CONTROLE LA VELOCIDAD DE LA MÁQUINA en función de la velocidad operativa máxima segura establecida marcada en la muela.
4. CONTROLE LAS BRIDAS DE MONTAJE a fin de que tengan el mismo diámetro y que éste sea el correcto.
5. UTILICE SECADORES DE MONTAJE cuando se entreguen con las ruedas.
6. ASEGÚRESE QUE EL SOPORTE DE PIEZA esté bien ajustado.
7. USE siempre UNA COBERTURA DE GUARDA PROTECTORA DE SEGURIDAD que cubra, por lo menos, la mitad de la rueda rectificadora.
8. PERMITA QUE LAS MUELAS RECIÉN MONTADAS funcionen a la velocidad operativa, con la guarda protectora en su lugar durante, por lo menos, un minuto antes de la operación de rectificado.
9. USE siempre GAFAS DE SEGURIDAD o algún tipo de protección para la vista durante la operación de rectificado.

NO

1. NO use una rueda agrietada ni una que SE HA CAÍDO o que está dañada.
2. NO FUERCE una rueda para que encaje en la máquina NI ALTERE el tamaño del orificio de montaje. Si la rueda no encaja en la máquina, busque otra que sí.
3. NO EXCEDA nunca LA VELOCIDAD OPERATIVA MÁXIMA establecida para la rueda.
4. NO use bridas de montaje sobre las cuales las superficies de los rodamientos NO QUEDEN LIMPIAS, PLANAS Y SIN REBABAS.
5. NO APRIETE EXCESIVAMENTE la tuerca de montaje.
6. NO efectúe el rectificado del LADO DE LA RUEDA (para excepciones, consulte el Código de Seguridad B7.21).
7. NO arranque la máquina mientras la GUARDA PROTECTORA DE RUEDA no esté en posición.
8. NO ATASQUE la pieza de trabajo contra la rueda.
9. NO SE PARE DIRECTAMENTE ENFRENTA de una rueda rectificadora cada vez que arranque una rectificadora.
10. NO FUERCE EL RECTIFICADO de modo tal que el motor disminuya notablemente la velocidad o que se caliente la pieza de trabajo.



EVITE INHALAR EL POLVO generado por las operaciones de rectificado y corte. La exposición al polvo puede causar enfermedades respiratorias. Use respiradores, gafas de seguridad o máscaras e indumentaria de protección aprobadas por NIOSH o MSHA. Proporcione la ventilación adecuada a fin de eliminar el polvo o de mantener el nivel de polvo por debajo del Valor Mínimo de polvo perjudicial clasificado por la OSHA.

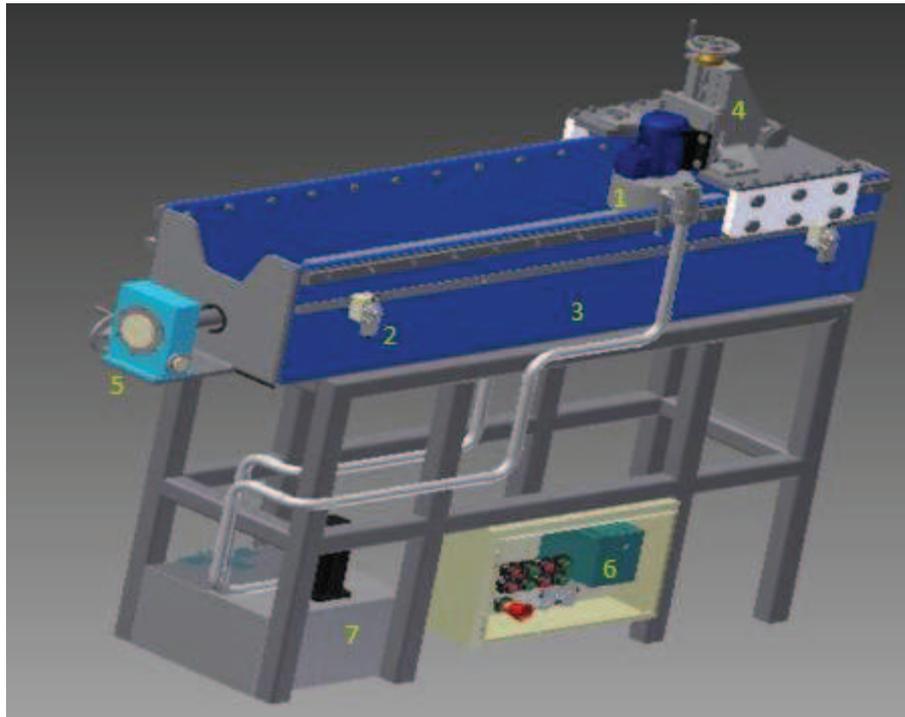
ANEXO XII
MANUAL DE OPERACIONES

MANUAL DE OPERACIÓN

Objetivo:

- Detallar los componentes principales del prototipo de la rectificadora de cuchillas
- Explicar el funcionamiento de puesta en marcha de la maquina
- Establecer las recomendaciones para su correcto funcionamiento

Componentes principales del prototipo:



1. Muela de rectificar
2. Finales de carrera
3. Bastidor
4. Sistema cola de milano
5. Variador angular
6. Tablero eléctrico de control

Puesta en marcha de la maquina

- El sistema contara con un botón de encendido general y otro de paro general, como sistemas propios de protección.

- Una vez energizado el sistema se procede a poner a punto la muela de rectificación teniendo en cuenta las especificaciones del cliente con respecto a la rectificación de las cuchillas y se acciona la muela.
- Luego se procederá a accionar el sistema automático para el movimiento longitudinal el cual contara con finales de carrera que servirán para poder rectificar cuchillas de hasta 800mm.

Recomendaciones de funcionamiento.

- Utilización de los respectivos equipos de protección personal para el operador de la máquina.
- Antes de energizar la rectificadora asegurarse que el operador se encuentre a una distancia prudente de la muela de rectificado.
- En caso de detectar inconvenientes en la operación de rectificado utilizar el botón de paro general para evitar accidentes y verificar problema.

Especificaciones técnicas.

- Interruptores de carrera Interruptores de proximidad de estado sólido y sin contacto.
- Ancho total 600 mm
- Largo total 1600 mm
- Alto total 1450 mm
- Medida de cuchillas rectificadas hasta 800 mm
- Peso [400kg]
- Motor de cabezal rectificado Motor AC de 2HP, 1500 RPM
- Impulso de giro reversible para funciones de desbloqueo de torque variable o de giro de velocidad variable
- Control de carrera de velocidad variable y control de motor de rectificado de estado sólido.

ANEXO XIII
PLANOS DE TALLER Y MONTAJE