



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMI
AUTOMÁTICO PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE
PERFILES METÁLICOS EN BASE AL ANÁLISIS DE
OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE POR
SERRADO, PARA LA EMPRESA “INDUSTRIA METÁLICA
COTOPAXI”**

AUTOR: ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI

DIRECTOR: ING. HÉCTOR COCHISE TERÁN HERRERA

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE PERFILES METÁLICOS EN BASE AL ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE POR SERRADO, PARA LA EMPRESA “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”** realizado por el señor **ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de febrero del 2017

Atentamente,

Ing. Héctor Terán
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI** con cédula de identidad N°: 0503260119, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE PERFILES METÁLICOS EN BASE AL ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE POR SERRADO, PARA LA EMPRESA “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 24 de febrero del 2017

ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI

C.C.: 0503260119



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA POSICIONAMIENTO Y CORTE DE PERFILES METÁLICOS EN BASE AL ANÁLISIS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORTE POR SERRADO, PARA LA EMPRESA “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 24 de febrero del 2017

A handwritten signature in purple ink is centered on the page. The signature is cursive and appears to read 'Alvaro A. Zapata'. Below the signature, there is a horizontal line of small dots.

ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI

C.C.: 0503260119

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a toda mi familia y también a aquellas personas que creyeron en mí y no dejaron de confiar en que podría conseguirlo.

A mis amados padres Anibal y Blanca que siempre me han cuidado, aconsejado y guiado de la mejor manera posible; espero poder llegar a ser la excelente persona que ellos siempre han deseado, un buen hijo y un buen profesional.

A mis queridos hermanos; Lourdes, Edwin, Mónica y Paúl, que no han dejado de creer en mí.

A mis sobrinos, primos y familia que me animaban siempre escribiéndome y ayudándome a esforzarme cada vez que me sentía cansado.

A amigos; Edwin David, Miryam, Anita, Luis, Leonidas, Alexandra, Alex, a los docentes de esta prestigiosa institución y muchos más que espero me disculpen por no mencionarlos a todos; pero gracias a cada una de las excelentes personas que me brindaron su apoyo y confianza, por todas sus palabras de ánimo, regaños, críticas y por cada palabra que hacía que continuara sin descanso.

A todas las personas que no creían en mí, porque de cierta manera deseaba demostrarles que si podía lograrlo sin importar lo difícil que pudiera llegar a ser.

De manera especial lo dedico por sobre todos a mi Dios y Virgencita que me cuidan, guían y protegen desde el cielo; por la paz, serenidad, paciencia, vida y salud que me brindan cada día de mi vida.

ALVARO

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios y mi Virgencita, por la promesa que les hice hace ya mucho tiempo, gracias por la fortaleza y todo lo aprendido en el camino “Siempre creer en mí y no perder la fe”. Promesa cumplida, gracias por todo.

A mis padres, hermanos y sobrinos que con sus palabras de aliento me han apoyado a culminar esta etapa.

A la empresa Industria Metálica Cotopaxi que me abrió sus puertas y me brindó la oportunidad de desarrollar este proyecto bajo su patrocinio.

A mi director del proyecto que ha sabido tenerme paciencia y me ha colaborado de manera incondicional cuando lo he necesitado.

A mis amigos, amigas y compañeros de estudio y trabajo que me han brindado palabras de ánimo para culminar el desarrollo del presente proyecto.

Estaré eternamente agradecido con todos ellos por haber creído en mí.

ALVARO

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Estado de arte.....	1
1.3. La empresa.....	5
1.4. Área a la cual va dirigido el proyecto.....	6
1.5. Marco de referencia.....	6
1.5.1. Proceso de corte de metales por arranque de viruta.....	6
1.5.2. Tipos de corte por arranque de viruta.....	7
1.5.3. Corte de metales por serrado.....	8
1.5.4. Máquinas semi automáticas para corte de metales.....	8
1.5.5. Máquinas de corte por serrado.....	10
1.5.6. Máquina de corte horizontal semi automática.....	11
1.5.7. Componentes y especificaciones técnicas de una máquina de corte horizontal semi automática.....	12
1.5.8. Parámetros de corte de metales por arranque de viruta.....	13
1.5.9. Sistemas de posicionamiento semi automáticos.....	14
1.5.10. Sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y de control.....	15
1.5.11. Sensores	18

1.5.12. Pantalla HMI.....	18
---------------------------	----

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	20
Situación inicial.....	20
Situación final.....	20
2.1. Objetivos del diseño.....	20
2.2. Variables de la investigación.....	20
2.2.1. Variables Dependientes.....	20
2.2.2. Variables Independientes.....	20
2.3. Antecedentes.....	21
2.4. Justificación.....	21
2.5. Casa de la calidad.....	22
2.5.1. Voz del usuario.....	22
2.5.2. Voz del ingeniero.....	23
2.5.3. Matriz de la casa de la calidad.....	24
2.5.4. Conclusiones de la casa de la calidad.....	25
2.6. Diseño conceptual.....	25
2.6.1. Especificaciones para el diseño.....	25
2.6.2. Diagrama de flujo del proceso.....	26
2.7. Análisis funcional.....	28
2.8. División modular.....	31
2.8.1. Módulo 1: Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material...	31
2.8.2. Módulo 2: Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte.....	31
2.8.3. Módulo 3: Corte del material con la sierra de cinta.....	31
2.8.4. Módulo 4: Extracción del material cortado (Opcional).....	32
2.9. Matriz morfológica.....	32
2.9.1. Módulo 1: Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material...	33
2.9.2. Módulo 2: Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia la zona de corte.....	34
2.9.3. Módulo 3: Corte del material con la sierra de cinta.....	36
2.9.4. Módulo 4: Extracción del material cortado.....	37
2.10. Selección de alternativas.....	38
2.11. Operacionalización de variables.....	41

2.11.1.	Operacionalización de variables independientes.....	41
2.11.2.	Operacionalización de variables dependientes.....	42
2.12.	Matriz de evaluación.....	44

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS EN BASE AL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CORTE.....45

3.1.	Características de los elementos que forman parte del sistema para posicionamiento y corte.....	45
3.1.1.	Panel de operador.....	45
3.1.2.	Sistema para posicionamiento y alimentación del material.....	46
3.1.3.	Sierra de cinta o sin fin.....	48
3.1.4.	Sistema de descarga de material.....	49
3.2.	Etapas del proceso de corte por serrado o aserrado.....	49
3.3.	Análisis de los parámetros de corte.....	50
3.3.1.	Velocidad.....	50
3.3.2.	Herramienta.....	50
3.3.3.	Características de las virutas.....	53
3.4.	Diseño, construcción y modelación de elementos.....	54
3.4.1.	Sistema mecánico.....	54
3.4.2.	Sistema hidráulico.....	59
3.5.	Selección de dispositivos y equipos.....	60
3.5.1.	Sistema mecánico.....	61
3.5.2.	Sistema hidráulico.....	64
3.5.3.	Sistema eléctrico.....	73
3.5.4.	Sistema de control.....	74
3.6.	Detalles constructivos.....	83
3.6.1.	Opciones programables e información del panel operador de mando.....	83
3.6.2.	Parte mecánica.....	83
3.6.3.	Factores que intervienen en el corte con sierra de cinta.....	84
3.6.4.	Avance y virutas.....	85

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN..... 87

4.1.	Generalidades.....	87
4.2.	Construcción, montaje e implementación del sistema mecánico.....	87
4.2.1.	Panel operador de mando móvil.....	88
4.2.2.	Sierra de cinta (módulo-máquina).....	91
4.2.3.	Cinta de sierra (herramienta).....	93
4.2.4.	Carro alimentador de material.....	93
4.2.5.	Bancada del sistema para posicionamiento.....	95
4.2.6.	Guías de desplazamiento.....	96
4.2.7.	Rodillos para rodadura.....	96
4.2.8.	Tornillo regulador de carrera o tornillo adelantador.....	96
4.2.9.	Cubierta protectora de seguridad.....	97
4.2.10.	Topes reguladores del ancho.....	98
4.2.11.	Mesa de descarga de material.....	98
4.3.	Montaje del sistema hidráulico.....	99
4.3.1.	Central hidráulica.....	99
4.3.2.	Montaje y ajuste de mangueras y cañerías.....	100
4.3.3.	Pistones hidráulicos de doble efecto.....	101
4.3.4.	Válvula de regulación de la presión de corte.....	102
4.3.5.	Unidad del sistema de refrigeración.....	102
4.4.	Montaje del sistema eléctrico.....	103
4.4.1.	Motor de la sierra.....	104
4.4.2.	Motor - Cepillo limpiador de viruta.....	104
4.4.3.	Contactores, fusibles y relés.....	105
4.5.	Montaje del sistema de control.....	106
4.5.3.	PLC Siemens S7-1200 CPU 1214.....	107
4.5.4.	PLC Siemens S7-1200 CPU 1214.....	108
4.5.5.	Variador de frecuencia.....	108
4.5.6.	Fines de carrera.....	108
4.6.	Implementación la interfaz gráfica en el panel de mando móvil.....	109
4.7.	Integración de sistemas.....	109

CAPÍTULO V

ANÁLISIS, PRUEBAS Y RESULTADOS..... 110

5.1.	Operacionalización de variables.....	110
------	--------------------------------------	-----

5.1.1.	Operacionalización de variables independientes.....	110
5.1.2.	Operacionalización de variables dependientes.....	111
5.2.	Pruebas y resultados de funcionamiento de los sistemas.....	112
5.2.1.	Mecánico.....	112
5.2.2.	Hidráulico.....	112
5.2.3.	ELÉCTRICO.....	116
5.2.4.	CONTROL.....	117
5.2.5.	Pruebas de medición de tiempos del proceso de corte.....	119
5.2.6.	Pruebas de corte de perfiles metálicos.....	120
5.3.	Análisis de resultados finales.....	125
5.4.	Análisis de rentabilidad.....	125
5.5.	Validación de la hipótesis.....	126
5.5.1.	Planteamiento de la hipótesis.....	127
5.5.2.	Planteamiento de la hipótesis de trabajo y nula.....	127
5.5.3.	Designación de variables.....	127
5.5.4.	Valores observados.....	127
5.5.5.	Valor de frecuencias esperadas y observadas.....	128
5.5.6.	Cálculo del chi cuadrado.....	129
5.5.7.	Cálculo del grado de libertad y nivel de significancia.....	129
5.5.8.	Análisis del chi cuadrado mediante tabla.....	129

CAPÍTULO VI

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
6.1.	Conclusiones.....	131
6.2.	Recomendaciones.....	132
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
	VOCABULARIO.....	137
	ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. HMI de la máquina extrusora-soplador de polietileno	3
Figura 2. Red de control vía internet.....	3
Figura 3. Máquina extrusora-sopladora y producto terminado.....	4
Figura 4. Máquina trefiladora de varilla.....	5
Figura 5. Máquina trefiladora de varilla con mecanismo de corte implementado.....	5
Figura 6. Matriz de la casa de la calidad aplicada al proyecto	24
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso	27
Figura 8. Perfiles metálicos comerciales.....	52
Figura 9. Posiciones para cortar por fajos.	52
Figura 10. Tipos y características de virutas.....	53
Figura 11. Cargas aplicadas a cilindros guías	54
Figura 12. Mecanismo de husillo y tuerca.....	55
Figura 13. Rosca normalizada – Rosca ACME.....	57
Figura 14. Tornillo sin fin.....	59
Figura 15. Diagrama del sistema de enfriamiento.....	60
Figura 16. Bomba del sistema de refrigeración.....	64
Figura 17. Modo de utilización de mangueras hidráulicas.	66
Figura 18. Montaje de mangueras flexibles	67
Figura 19. Nomograma para determinar el paso nominal DN de tubos flexibles.....	68
Figura 20. Composición de una manguera flexible hidráulica.....	69
Figura 21. Válvula para control de la presión de corte.....	70
Figura 22. Válvulas tipo bola para paso de refrigerante hacia la cinta durante el corte.....	70
Figura 23. Válvula tipo bola para limpieza de la máquina.....	70
Figura 24. Volumen de un cilindro hidráulico	72
Figura 25. Carrera de un cilindro	72
Figura 26. PLC S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/Relé.....	76
Figura 27. Módulo de entradas digitales, SM 1221, DI 8 x 24 VDC	76
Figura 28. Módulo de salidas digitales, SM 1222, Dq 8 x 24 VDC.....	77
Figura 29. Módulo de salidas analógicas, SM 1232, AQ 2 x 14 BIT	77
Figura 30. Fuente LOGO! POWER.....	78
Figura 31. Touch Panel (HMI) - KTP 400.....	78
Figura 32. Dientes por pulgada de una sierra de cinta	84
Figura 33. Diseño. CAD del panel operador de mando móvil	88
Figura 34. Cubierta del panel de mando móvil.....	89
Figura 35. Etapa de pintado de las piezas.....	89
Figura 36. Secado al horno.....	89
Figura 37. Montaje del brazo base a la bancada	89
Figura 38. Montaje de los componentes del panel de mando móvil	90

Figura 39. Implementación del panel terminado con botoneras y la KTP 400 (HMI)	90
Figura 40. Panel de mando móvil en posición 0°	90
Figura 41. Panel de mando móvil en posición -90°	90
Figura 42. Panel de mando móvil en posición +90°	91
Figura 43. Brazo centrador de cinta - derecho.....	91
Figura 44. Brazo centrador de cinta - izquierdo	91
Figura 45. Brazo intermedio.....	91
Figura 46. Motor eléctrico y tensor hidráulico de la cinta de sierra	92
Figura 47. Módulo de sierra en mantenimiento.....	92
Figura 48. Montaje de los elementos del módulo de la sierra	92
Figura 49. Montaje y mantenimiento finalizados en el módulo de la sierra de cinta	92
Figura 50. Mesa alimentadora del sistema para posicionamiento y corte....	93
Figura 51. Pistones hidráulicos (mordazas y mesa) del sistema	93
Figura 52. Base centrador posterior del sistema.....	93
Figura 53. Cilindros guías y base del rodillo intermedio.....	94
Figura 54. Montaje del pistón, mesa, base centradora posterior, base rodillo y cilindros guías en la bancada	94
Figura 55. Montaje de las mordazas de sujeción y los respectivos pistones hidráulicos.....	94
Figura 56. Ajuste de pernos de los elementos de sujeción de material	94
Figura 57. Montaje de rodillos en el sistema.....	95
Figura 58. Ensamble final de los elementos del sistema para posicionamiento de material	95
Figura 59. Bancada.....	95
Figura 60. Disposición de los rodillos de rodadura	96
Figura 61. Tornillo regulador de carrera.....	97
Figura 62. Diseño CAD de la cubierta protectora de seguridad	97
Figura 63. Construcción de la cubierta protectora de seguridad.....	97
Figura 64. Implementación de la cubierta protectora de seguridad	97
Figura 65. Montaje de los topes reguladores de ancho en el sistema	98
Figura 66. Montaje completo del sistema mecánico	98
Figura 67. Montaje de las unidades hidráulicas	100
Figura 68. Cañerías de los pistones hidráulicos de las mordazas	100
Figura 69. Mangueras de las unidades hidráulicas.....	100
Figura 70. Pistón de alimentación de material	101
Figura 71. Pistones de mordazas de sujeción	101
Figura 72. Pistón de elevación de sierra y pistones de mordazas de sujeción.....	101
Figura 73. Pistón del tensor de la cinta.....	101
Figura 74. Parte interna de la base soporte de la válvula de regulación de la presión de corte.....	102
Figura 75. Perilla reguladora de la presión de corte	102

Figura 76. Montaje completo de la base de la válvula reguladora de presión de corte	102
Figura 77. Tanque del refrigerante.....	103
Figura 78. Implementación del tanque en la bancada	103
Figura 79. Bomba del sistema de refrigeración	103
Figura 80. Tablero eléctrico del variador de frecuencia	103
Figura 81. Motor de la sierra	104
Figura 82. Transmisión por banda	104
Figura 83. Cubierta de seguridad de la transmisión por banda	104
Figura 84. Motor y cepillo limpia viruta.....	105
Figura 85. Tablero eléctrico principal	105
Figura 86. Etapa de potencia.....	106
Figura 87. Etapa de control.....	106
Figura 88. Cableado del tablero eléctrico principal	107
Figura 89. Montaje de componentes del tablero del variador de frecuencia	107
Figura 90. Cableado del HMI	107
Figura 91. Implementación del PLC y módulos	107
Figura 92. Implementación de los bloques de relés de control	108
Figura 93. Tablero eléctrico del variador de frecuencia del motor de la sierra	108
Figura 94. Panel de mando móvil implementado y montado	109
Figura 95. Integración de los sistemas	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros a ser analizados.....	12
Tabla 2	Planteamiento de alternativas para cada módulo.....	32
Tabla 3	Matriz morfológica de interfaz en el panel de operador.....	33
Tabla 4	Matriz morfológica del panel de mando para el operador.....	33
Tabla 5	Matriz morfológica del sensor de control de distancia.....	34
Tabla 6	Matriz morfológica del medio para cambiar la posición.....	34
Tabla 7	Matriz morfológica de mordazas para sujeción del material.....	34
Tabla 8	Matriz morfológica del alimentador de material.....	35
Tabla 9	Matriz morfológica del sistema de control.....	35
Tabla 10	Matriz morfológica del motor para cambiar la posición.....	35
Tabla 11	Matriz morfológica de activación de ciclos.....	36
Tabla 12	Matriz morfológica de la cinta de la sierra.....	36
Tabla 13	Matriz morfológica del líquido refrigerante.....	37
Tabla 14	Matriz morfológica de activación de ciclos.....	37
Tabla 15	Matriz morfológica del sistema de salida de material.....	37
Tabla 16	Análisis estructural.....	41
Tabla 17	Análisis de esfuerzos.....	41
Tabla 18	Coste de producción.....	42
Tabla 19	Velocidad de corte.....	42
Tabla 20	Acabado superficial.....	43
Tabla 21	Fallas en el proceso de corte.....	43
Tabla 22	Matriz de evaluación de alternativas.....	44
Tabla 23	Touch Panel.....	45
Tabla 24	Selectores.....	45
Tabla 25	Pulsadores.....	45
Tabla 26	Paro de emergencia.....	46
Tabla 27	Indicadores luminosos.....	46
Tabla 28	Brazo - Posición del tablero de control.....	46
Tabla 29	Mordazas hidráulicas.....	46
Tabla 30	Mesa del sistema para posicionamiento (carro alimentador de material).....	46
Tabla 31	Cilindros guías.....	47
Tabla 32	Tornillo sin fin.....	47
Tabla 33	Pistón hidráulico.....	47
Tabla 34	Rodillos para rodamiento de material.....	47
Tabla 35	Topes exteriores.....	47
Tabla 36	Unidades hidráulicas.....	48
Tabla 37	Tablero eléctrico.....	48
Tabla 38	Tablero operador de mando.....	48
Tabla 39	Grado de automatización de las etapas del proceso de corte.....	49
Tabla 40	Paso de una sierra de cinta.....	53
Tabla 42	Componentes de las líneas de succión y descarga.....	60
Tabla 43	Selección de elementos de ajuste.....	64
Tabla 44	Datos técnicos de la bomba del sistema de refrigeración.....	65

Tabla 45 Paso y longitudes en mangueras hidráulicas.....	66
Tabla 46 Factor de seguridad (Fs) en mangueras flexibles.....	69
Tabla 47 Características de funcionamiento de los cilindros hidráulicos.....	71
Tabla 48 Matriz de ponderación del refrigerante.....	73
Tabla 49 Matriz de ponderación del Controlador Lógico Programable.....	75
Tabla 50 Matriz de ponderación de contactores.....	80
Tabla 51 Matriz de ponderación de relés térmicos.....	81
Tabla 52 Relación avance-velocidad respecto al tipo de viruta.....	86
Tabla 53. Características de las unidades hidráulicas.....	99
Tabla 54. Medición de tiempos de corte.....	119
Tabla 55 Medición de tiempos de preparación.....	120
Tabla 56 Comparativa entre máquinas – Tipos de material y formas que pueden cortar.....	120
Tabla 57 Comparativa de análisis de cantidad vs tiempo.....	122
Tabla 58 Pruebas y resultados.....	123
Tabla 59. Salario del operador de la máquina.....	125
Tabla 60. Valores observados.....	128
Tabla 61 Frecuencia observada.....	128
Tabla 62 Frecuencia esperada.....	128

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño e implementación de un sistema semiautomático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de optimización de los parámetros de corte por serrado, para la empresa “INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”. En lo concerniente al diseño se refiere tanto a la parte tangible (estructura), como al sistema de control. En la estructura de la máquina se implementará un sistema adecuado de alimentación y posicionamiento automático para el material, así como uno para la salida del mismo una vez finalizado el corte. Respecto a la alimentación y posicionamiento, se tomará el perfil metálico a cortar colocándolo y sujetándolo a la distancia requerida mientras se realiza el corte en forma automática; además mediante el uso de un panel de control con interfaz gráfica HMI, existe la posibilidad de ingresar el número de cortes a realizar; así como la distancia de cada corte y en tanto exista material disponible. El proceso de corte procederá normalmente mientras se termina el número de piezas requeridas; exceptuando los casos de que se termine el material, exista un daño considerable en la herramienta o una avería en el sistema. En lo referente al control se implementará un PLC que cumpla con los requerimientos para que realice el control del proceso de forma eficiente, esto basado en un previo análisis de los parámetros de corte por arranque de viruta - aserrado como son: herramienta a utilizar, tiempos de mecanizado, velocidad de corte, entre otros.

PALABRAS CLAVE:

- **CORTE AUTOMÁTICO**
- **SIERRA DE CINTA HORIZONTAL**
- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

ABSTRACT

The present work of titling consists in the design and implementation of a semi-automatic system for positioning and cutting of metal profiles based on the analysis of optimization of sawing parameters for the company "INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI". As far as design is concerned, it refers both to the tangible part (structure) and to the control system. In the structure of the machine will be implemented a suitable system of feeding and automatic positioning for the material, as well as one for the exit of the same once the cut ends. With regard to feeding and positioning, the metal profile to be cut will be taken by placing it and holding it at the required distance while the cut is made automatically; Also through the use of a control panel with HMI graphic interface, there is the possibility of entering the number of cuts to be made; As well as the distance of each cut and as long as material is available. The cutting process will normally proceed while the number of required parts is completed; except in cases where the material is finished, there is considerable damage to the tool or a malfunction in the system. With regard to the control, a PLC will be implemented that meets the requirements to efficiently control the process, based on a previous analysis of the cutting parameters by chip - sawing, such as: tool to be used, times of machining, cutting speed, among others.

KEYWORDS:

- **AUTOMATIC CUTTING**
- **HORIZONTAL BAND SAW**
- **INDUSTRIAL AUTOMATION**

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Introducción

En la actualidad, dentro de la industria metal-mecánica se ha optado por la implementación de máquinas modernas para el desarrollo de sus actividades productivas como es el caso de máquinas semi-automáticas, automáticas y CNC; las cuales brindan varios beneficios y se ha demostrado obtener óptimos resultados dentro de la industria especialmente en el área de producción y control de calidad de los productos.

La aplicación de conceptos relacionados al área de la Mecatrónica, permiten comprender, implementar, diseñar y construir cada uno de los sistemas que conforman una máquina o una línea de producción; sean estos mecánicos, eléctricos y de control para de esta forma obtener una sinergia de los mismos y así conseguir un “Diseño Mecatrónico” adecuado, el cual cumpla con los requerimientos del usuario de forma eficiente.

En el presente proyecto se propone el diseño de un sistema de alimentación semi-automático aplicado a una sierra de cinta, de esta forma automatizar el proceso de corte de perfiles metálicos permitiendo optimizar los recursos existentes para un mejor desarrollo de la actividad.

1.2. Estado de arte

Actualmente la implementación de tecnología en máquinas y procesos industriales es requisito fundamental para un mejor rendimiento, incremento de producción y mayores tasas de ingresos para ello se integran procesos en la búsqueda de minimizar tiempos de operación. Al ser el proceso de corte una actividad de riesgo físico para el operario; ya que existe peligro de mutilación de los miembros superiores; así como de afectación hacia ojos ocasionada por la viruta desprendida de la pieza durante el proceso de corte, por tal motivo es necesario tener un grado de seguridad que permita el desempeño de la actividad por parte del operador en forma segura. También un factor determinante que justifica el desarrollo del proyecto es el

requerimiento de talento humano necesario para desempeñar esta actividad, lo cual conlleva que con la implementación del sistema para permitir el desarrollo de la tarea de forma eficiente y maximizando la utilización los recursos existentes. El proceso de corte se desarrollará en forma semi-automática debido a que el operador únicamente se encargará del ingreso y salida del material; mientras que el proceso de corte una vez iniciado es automático. Lo antes mencionado influye en los tiempos de duración total de la actividad y por ende colabora con la optimización de recursos tanto materiales como de talento humano además del análisis necesario sobre los parámetros de corte para un correcto y eficiente diseño del sistema.

A continuación se describen algunos trabajos relacionados al tema, los cuales posteriormente servirán para un análisis de diseño del presente proyecto y los cuales brindaron bases para el desarrollo del presente.

Dentro del repositorio digital de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se encuentran varias tesis en las cuales se realizaron diseños e implementaciones en máquinas de las cuales se mencionan las siguientes:

- **Alvarez E., Cristian (2014). “Repotenciación de una máquina extrusora-sopladora e implementación de un sistema de supervisión de forma local mediante una interface gráfica HMI y de forma remota vía internet, para la empresa NS industrias de la ciudad de Latacunga”. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.**

El objetivo de este proyecto es la repotenciación de una máquina extrusora-sopladora de envases de polietileno; en donde se aplicó el rediseño del circuito de potencia y centralizando su control de soplado y extrusión mediante la implementación de un PLC Siemens S7 1200 CPU 1212 el cual comanda la secuencia de funcionamiento y de esta forma suprimiendo el control electromecánico obsoleto; además de implementar un sistema de supervisión y control de forma local mediante un HMI y de forma remota mediante internet para mayor facilidad de control para el operador.

En su desarrollo se optimizó el funcionamiento de la máquina implementando parámetros de tiempo y reduciendo de esta forma los

tiempos muertos durante la producción, aumentando así los índices de productividad, mayor seguridad para el operador y minimizando el desecho del material respetando así al medio ambiente, mediante la automatización del proceso haciendo uso de equipos nuevos como es el caso del controlador y el panel de operador.

En la Figura 1, se visualiza el HMI de control de la máquina, para ello se utilizaron equipos existentes dentro de la empresa, tales como bomba hidráulica, motor del tornillo extrusor, variador de frecuencia del tornillo, resistencia eléctricas (niquelinas), controladores de temperatura (pirómetros), electroválvulas hidráulicas y neumáticas; además de la selección de equipos nuevos tales como termocuplas, controladores (PLC), módulos de expansión, panel de visualización.

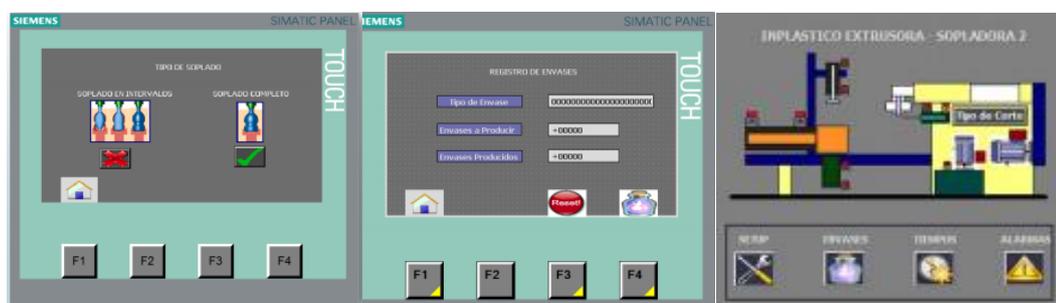


Figura 1. HMI de la máquina extrusora-soplador de polietileno

Fuente: (ALVAREZ, 2014)

Es esquema de la red de control armada con los dispositivos de control se lo puede visualizar en la Figura 2.

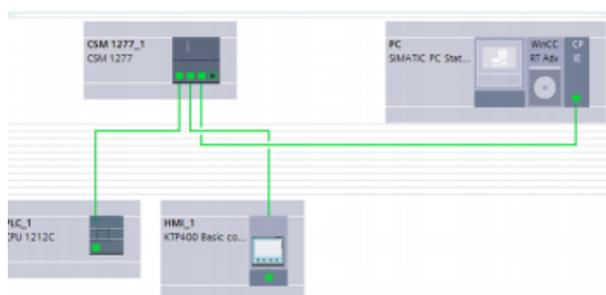


Figura 2. Red de control vía internet

Fuente: (ALVAREZ, 2014)

La Figura 3 muestra la máquina física; así como el producto obtenido de la misma durante las pruebas de operación.



Figura 3. Máquina extrusora-sopladora y producto terminado

Fuente: (ALVAREZ, 2014)

- **Corrales Tapia, Wilson Humberto. Garrido Herrera, Luis Ricardo (2012). “Diseño y construcción de un mecanismo de corte con interface HMI para una máquina trefiladora de varilla, para la empresa Muebles Arte Moderno y Ferrieconomía”. Departamento de Eléctrica y Electrónica. Carrera De Ingeniería Electromecánica. ESPE. Extensión Latacunga.**

Este documento presenta información acerca del diseño y construcción de un mecanismo de corte para una máquina trefiladora de varilla. La función de la máquina enderezadora y trefiladora de varilla es la de enderezar y cortar varilla de hasta 5,5mm de diámetro para de esta manera obtener un corte satisfactorio.

En su desarrollo se realizó el diseño del mecanismo de corte y la automatización mediante el uso de una interfaz gráfica HMI, para esto se realizó previamente varios diseños como lo son en la parte mecánica, neumática, eléctrica y de control. A su vez se aplicaron software de diseño y simulación para sustentar los datos calculados y de esta forma validar los resultados obtenidos.

Mediante el desarrollo del proyecto se busca mejorar la eficiencia de producción de la máquina implementando un mecanismo de corte, colaborar con el mejoramiento de los sistemas de producción para así obtener una mayor rendimiento con la ayuda de la tecnología y mejora de procesos automatizando el corte; ya que la máquina se obtuvo como chatarra y se encontraba sin brindar ningún rédito a la empresa. La Figura 4 muestra la máquina, previo a la implementación del mecanismo de corte.



Figura 4. Máquina trefiladora de varilla

Fuente: (CORRALES W., 2012)

A continuación, la Figura 5 muestra la máquina con el mecanismo para corte implementado.



Figura 5. Máquina trefiladora de varilla con mecanismo de corte implementado

Fuente: (CORRALES W., 2012)

Para el diseño y construcción se utilizaron software de diseño y simulación, para validar los resultados y hacer la comparativa entre valores reales e ideales obtenidos del proceso de corte.

1.3. La empresa

INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI es una empresa Cotopaxense situada en la ciudad de Latacunga dedicada a la elaboración de productos metal-mecánicos con sus líneas HORNIPAN y ECUALIMPIO algunos de los productos que elaboran son: fabricación de paneles, troquelados, equipos de panificación, mesas, estanterías, mostradores, puertas, contenedores de basura entre otros; mediante la aplicación de tecnologías y mano de obra calificada se elaboran productos de calidad los cuales cumplen los requerimientos de sus clientes. La misión y visión de esta empresa son:

Misión: Industria Metálica Cotopaxi, es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos industriales a nivel nacional; a través de la utilización de maquinaria de punta, mano de obra calificada y la

utilización de insumos de calidad. Aplicando una filosofía empresarial de mejoramiento continuo, sustentada en su liderazgo, innovación y conducta ética.

Visión: Ser la empresa líder en la fabricación y comercialización de productos industriales a nivel nacional, impulsando el desarrollo regional, y mundial a través de nuestros productos e innovaciones tecnológicas.

1.4. Área a la cual va dirigido el proyecto

Dentro de la empresa, el presente proyecto está dirigido a la sección de HORNOS la misma que cuenta con varias áreas las cuales se verán beneficiadas tales como: hornos, coches, puertas y contenedores dentro de los cuales se requiere cortar perfilería metálica de diferentes tipos, formas, material y dimensiones; muchos de los cuales son en gran cantidad por lo cual minimiza tiempos debido a que la máquina permite corte por fajos a diferencia de la máquina actual que su corte es individual y se debe alimentar manualmente el material a la zona de corte. Dentro de la sección de hornos están dispuestos diversos tipos de máquinas-herramientas que se utilizan para este fin como son: tronzadoras, pulidoras (en su mayoría es la más utilizada), seguetas, una sierra de cinta horizontal con pivote (para corte individual en su mayoría).

1.5. Marco de referencia

1.5.1. Proceso de corte de metales por arranque de viruta

El corte de metales es un proceso mediante el cual se estudia las formas de desprender el material aplicando una operación de mecanizado; siendo la más conocida el método de arranque de viruta y el de abrasión. La teoría del corte de metales se basa en principios como:

- a. Proceso de formación de la viruta.
- b. Fenómenos físicos durante el corte.
- c. Fenómenos térmicos durante el corte.

a. Proceso de formación de viruta: está relacionado directamente al desprendimiento del material bajo las fuerzas de corte, de acuerdo con

los diferentes materiales y parámetros se formaran diversos tipos de virutas sean espiral, fraccionada y continua de cinta.

- b. Fenómenos físicos durante el corte:** estos se producen directamente por las fuerzas de corte, entre ellos está el endurecimiento superficial que depende de las propiedades mecánicas del material.
- c. Fenómenos térmicos durante el corte:** en la zona de corte se produce un incremento de temperatura el cual es producido por la ley de la conservación de la energía; el elemento que más se calienta es la viruta (75%) por ello se puede visualizar cambios en su estructura y coloración, la herramienta (20%) debido a esto se aplican refrigerantes para alargar el tiempo de vida de la misma, la superficie cortada el (4%) y el ambiente el (1%) restante. (Denezhni, 1978)

1.5.2. Tipos de corte por arranque de viruta

En la industria metal-mecánica el corte de metales es una de las operaciones fundamentales y más aplicadas hasta la actualidad; pero debido al constante crecimiento en la demanda de productos se vio la necesidad de implementar máquinas-herramientas que proporcionen mayores ventajas durante el desarrollo de este proceso. A continuación se mencionan los procesos y operaciones más utilizados en la industria que se encuentran relacionados al arranque de viruta:

- Torneado
- Taladrado
- Serrado o Aserrado (según varios autores)
- Rectificado
- Escariado
- Mandrilado
- Limado
- Cepillado
- Fresado
- Bruñido
- Electroerosión

1.5.3. Corte de metales por serrado

El serrado, o también más conocido como aserrado; según el Diccionario de la Lengua Española en su edición del Tricentenario; “serrado viene del participio de serrar, que es la acción de cortar o dividir algo con una sierra” (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA). En otras palabras se puede definir como una operación de desbaste la cual permite quitar material de una pieza de forma rápida. Para ello se aplican herramientas como sierras de mano compuestas de un arco y una hoja, su principal aplicación se encuentra orientada a la industria maderera pero también a la metal - mecánica; se debe destacar el modo de operación de la sierra, el cual puede ser:

- Manual
- Manual con mecanismo
- Semi-automática
- Automática (CNC)

Parte importante es el tipo de accionamiento que tiene la máquina-herramienta el cual puede ser:

- Netamente manual
- Manual (Aplicando un mecanismo mecánico)
- Hidráulico
- Neumático
- Eléctrico
- Mixto

La relación de los accionamientos con la forma de operación se ven reflejadas en el grado de tecnología, ventajas, desventajas, costos de operación; pero a su vez influyen directamente a la producción, calidad del producto, tiempo que tarda el proceso de operación, optimización de recursos materiales y beneficios relacionados al talento humano (ergonomía, optimización de tiempo del operador).

1.5.4. Máquinas semi automáticas para corte de metales

En la industria metal-mecánica, el corte de metales es una de las operaciones fundamentales que se llevan a cabo para posteriores procesos

de manufactura; especialmente para obtención de piezas para repuestos, ensambles, entre otros. Anteriormente esta operación se la realizaba de forma manual aplicando máquinas-herramientas con varias limitaciones y problemas como son:

- Baja calidad en el producto.
- Falta de seguridad al operador.
- Falta de ergonomía.
- Generación de enfermedades profesionales al operador.
- Ineficiente utilización de recursos materiales; así como de talento humano.
- Limitación en la producción.
- Tiempos de proceso demasiado largos.

Debido a su gran aplicación y creciente demanda de productos en la industria, fue necesaria la implementación de máquinas que efectúen el trabajo de forma eficiente y mitigando las limitaciones y problemas que se generaban durante el desarrollo de este proceso y de tal forma que se puedan optimizar recursos (L.FEIRER). En la actualidad se aplican máquinas semiautomáticas y automáticas por los beneficios que estas proporcionan durante el proceso de corte entre las cuales se mencionan a continuación las más conocidas:

- Cizallas
- Cortadora de hilo CNC
- Chorro de agua
- Fresadoras automáticas y CNC
- Cortadora laser
- Oxicorte
- Plasma CNC
- Pulidoras
- Punzonadora CNC
- Sierras
- Entre otras

1.5.5. Máquinas de corte por serrado

El corte por serrado es una sub-clasificación del corte por arranque de viruta, cabe mencionar que algunos autores lo conocen también como aserrado. A continuación se mencionan algunas de las máquinas-herramientas más utilizadas en el ámbito industrial las cuales realizan mecanizado y corte por arranque de viruta:

- Tornos
- Fresadoras
- Cepillos
- Taladros
- Sierras
- Pulidoras
- Tronzadoras
- Entre otras

De las mencionadas anteriormente, las máquinas utilizadas para corte de perfiles metálicos son:

- Sierras
- Pulidoras (utilizando discos de corte)
- Tronzadoras

Debido a que el proyecto se encuentra relacionado al proceso de corte por serrado; las máquinas en las cuales se aplican estas herramientas son las sierras, las mismas que se clasifican en:

- Sierras alternativas
 - Sierras horizontales
 - Sierras verticales
- Sierras circulares
- Sierras de cinta, sin fin o de banda

De todas ellas se analizarán las sierras de cinta que a su vez se sub-clasifican en:

- Máquinas de corte vertical
- Máquinas de corte horizontal
- Máquinas de corte angular

Máquinas de corte vertical: poseen una mesa y utilizan una sierra de sin fin o de cinta dispuesta sobre dos o tres volantes superpuestos en un plano vertical para realizar un corte perpendicular. El material se mueve a la sierra. (CASTRO Luisa, 2015)

Máquinas de corte horizontal: se emplean en su mayoría para cortar perfiles sean huecos o macizos sin importar su geometría, la progresión de y elevación de la cinta puede ser de forma mecánica, manual o automática. La sierra se mueve hacia el material; a su vez estas se dividen en:

- **Sierras de pivote:** apoya uno de sus extremos de forma fija.
- **Sierras de doble columna:** se soporta sobre dos columnas en las cuales se desplaza.

Máquinas de corte angular: se pueden regular los grados de posición del marco de la sierra o de su base, para así tener cortes en ángulos establecidos; habitualmente este tipo de sierras son de pivote o en algunos casos poseen una mesa de posicionamiento angular.

1.5.6. Máquina de corte horizontal semi automática

Las máquinas de corte horizontal en lo relacionado a sierra; se clasifican en sierras de pivote y sierras de doble columna; dentro del desarrollo del presente proyecto se aplicará a una sierra de pivote la misma que cuenta con componentes y especificaciones técnicas bien definidas; el punto más relevante se refiere al comportamiento durante el proceso de corte en el cual la pieza a ser cortada es la que se mantiene fija (estática) mientras que la sierra (herramienta) es la que efectúa el movimiento de avance hacia la pieza y así realizar el corte del material.

El ascenso y descenso de la sierra; así como la alimentación y sujeción de material al ser una máquina semiautomática se produce con la ayuda de actuadores hidráulicos (pistones hidráulicos controlados por electroválvulas) las cuales proporcionan un grado de tecnología para efectuar la operación de forma más eficiente, rápida y segura.

1.5.7. Componentes y especificaciones técnicas de una máquina de corte horizontal semi automática

Dentro de las características técnicas; así como de los componentes que conforman una sierra de cinta horizontal, se pueden mencionar los siguientes:

- Capacidad de Corte
- Dimensión de la cinta
- Potencia de la bomba hidráulica principal
- Potencia de la bomba de refrigeración
- Velocidad de la cinta
- Capacidad de fluido refrigerante
- Tensión de la hoja de la cinta
- Diámetro de volantes
- Peso aproximado
- Cepillo de limpieza
- Dimensiones físicas de la máquina: Largo, ancho y alto

En el anexo A, se pueden verificar más detalladamente los datos técnicos de máquina. A continuación en la Tabla 1 se pueden ver las partes de una sierra, los puntos a revisarse y los posibles resultados o estados de cada uno de los elementos.

Tabla 1
Parámetros a ser analizados

Partes de la sierra de cinta	Parámetros	Rangos de evaluación
Sistema de avance	1. Presión de avance 2. Avance de corte	1.1. Muy alto: demasiado avance. 1.2. Muy bajo: corte lento. 2.1. Muy rápido: demasiado avance. 2.2. Muy lento: corte lento.
Sistema limpia viruta	Mecanismo y grata	Evitar la acumulación de viruta generada por el corte, para evitar el desgaste y desgarramiento prematuro de los dientes de la cinta de sierra.
Fluido de corte	Tipo de fluido	Cada fluido posee características específicas según el material a cortar.

CONTINÚA 

Condiciones del fluido de corte	Condiciones de fluido y proporciones	Influencia en el tiempo de vida útil de la herramienta.
Volantes	Desgaste de la superficie Desgaste de la ceja Bocines de los volantes	Rotura de cintas. Rotura de cintas. Rotura de cintas y desgaste de los volantes.
Guías de la cinta	Condición general Desgaste de la superficie Bocines guía	Rotura de cintas. Rotura de cintas, ralladura de los costados, cortes torcidos. Rotura de cintas, ralladura de los costados, cortes torcidos.
Alineamiento de la cinta	Horizontal respecto al brazo de la sierra.	Cortes torcidos.
Sistema hidráulico	1. Nivel de fluido 2. Presión del sistema 3. Filtros	1.1. Alto desgaste de la cinta o desgarre de los dientes causado por la inconsistencia del avance de corte. 2.1. Muy alto: exceso de avance. 2.2. Muy bajo: corte lento. 3.1. Alto desgaste de la cinta o desgarre de dientes causado por la inconsistencia del avance de corte.
Tensión de la cinta	1. Demasiada tensión 2. Baja tensión	1.1. Quebraduras en el cuerpo o en la soldadura y desgaste excesivo de volantes. 2.1. Cortes torcidos.
Montaje	Ceja	Quebraduras de la banda en el respaldo o en la soldadura y desgaste excesivo de la ceja.
Sistema motriz	Cintas y poleas Aceite de transmisión Ruido en la transmisión Filtros	Velocidad de sierra inapropiada. Falta de lubricación en la transmisión. Descompostura de la transmisión. Desgaste por el constante uso.
Prensas (mordazas de sujeción de material)	1. Desgaste 2. Alineamiento	1.1. Longitud de corte incorrecta. 2.1. Cortes torcidos o desalineados.
Velocidad de la cinta de sierra	Velocidad de la sierra	Vida útil de la herramienta (cinta de sierra).

Fuente: (Arango Betancur, 2011)

1.5.8. Parámetros de corte de metales por arranque de viruta

El objetivo principal del corte por arranque de viruta es obtener piezas con características deseadas por el usuario mediante el desprendimiento de material aplicando herramientas de corte y máquinas-herramienta adecuadas acordes a la cantidad, geometría y dimensiones necesarias para el proceso de corte. Los conceptos y parámetros que se relacionan al corte de metales son:

- **Metal sobrante (viruta):** es el material arrancado de la pieza en bruto durante el proceso de corte, lo ideal es tener poca cantidad de este material.
- **Profundidad de corte (t):** es la profundidad de la capa arrancada de la superficie durante el corte en una pasada de la herramienta, normalmente se mide en milímetros (mm).
- **Velocidad de avance (s):** es el avance del movimiento de la herramienta respecto a la pieza; o de la pieza respecto a la herramienta en un tiempo determinado. Se mide en milímetros por revolución (mm/rev); y en algunos casos en milímetros por minuto (mm/min).
- **Velocidad de corte:** es la velocidad tangencial de un punto situado en el perímetro circular de la herramienta. También se puede entender como la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal (movimiento de corte) respecto a la superficie que se trabaja.
- **Velocidad de giro de la herramienta:** se expresa en unidades de velocidad angular (rev/min) o rpm.
- **Avance por diente:** es la distancia recorrida en el sentido y dirección del avance en un espacio de tiempo en el cual un diente de la herramienta ha tardado en girar una vuelta completa.

1.5.9. Sistemas de posicionamiento semi automáticos

Un sistema de posicionamiento aporta una función provechosa durante el desarrollo de un proceso, debido a que dentro de un sistema o máquina-herramienta el manejo de materiales es esencial; para ello todo sistema de posicionamiento debe considerar una reducción del tiempo en el manejo de materiales, brindar aceptables resultados del proceso y especialmente en los siguientes puntos:

1. Reducir el tiempo utilizado en recoger el material.
2. Utilizar equipo automático durante el proceso de mecanizado.
3. Maximizar la utilización de las instalaciones existentes.
4. Manipular los materiales cuidadosamente.
5. Transportar el material de forma eficiente y precisa.

6. Proporcionar resultados efectivos del proceso.
7. Brindar seguridad al operador durante el proceso.
8. Facilitar la labor del operador y reducir la posibilidad de fallas humanas en el desarrollo del proceso.

Un sistema de posicionamiento está conformado de equipos con cierto grado de automatización como es el caso del uso de controladores, variadores de frecuencia, motores, bandas, rodillos, sensores, encoder entre otros dispositivos, los mismos que se encargan de controlar el desplazamiento, transporte y posición del material dentro de la máquina-herramienta o sistema.

1.5.10. Sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y de control

Todos los sistemas que poseen un grado de automatización aplican actuadores sean estos de naturaleza hidráulica, neumática o eléctrica; cada uno de los cuales se encuentran enlazados a una estructura mecánica encargada de soportar todos los sistemas y controlando su operación mediante un dispositivo de control. A continuación se presenta una breve descripción de los actuadores utilizados en la implementación del sistema para posicionamiento, alimentación y transporte. En el capítulo 3 correspondiente al diseño y selección de dispositivos se abarcará de manera más amplia este tema.

a. Sistemas mecánicos

Está conformado directamente por la parte estructural del sistema o máquina-herramienta; de este sistema depende directamente la posibilidad de implementar módulos complementarios, proporcionar estabilidad, robustez, automatización, implementación de dispositivos, etc.

En máquinas netamente manuales este sistema está conformado por mecanismos los cuales proporcionan el movimiento durante la operación. En máquinas con un grado de automatización (tecnología) mayor, este proporciona las características mencionadas anteriormente y a su vez puede ser modificado para cumplir con los objetivos trazados pero siempre

respetando la importancia y rol que cumple previos a la modificación; algunos de estos elementos son: tornillos sin fin, rodamientos, engranajes, bocines, chavetas, ejes, piñones, bandas, cadenas, perfiles metálicos, tornillos, tuercas, chumaceras, volantes, entre otros.

b. Sistemas hidráulicos

Un sistema hidráulico proporciona la posibilidad de transmitir grandes fuerzas, empleando pequeños elementos para fácil maniobra y reglaje; además de transmisión de fuerza también son aplicadas para refrigerar y lubricar. Por lo general está conformado por:

- **Bomba hidráulica:** convierte la energía mecánica en energía hidráulica, utiliza un motor eléctrico que se encarga de hacer circular el fluido por conductos y tuberías que activan actuadores de tipo hidráulico, una vez finalizado su trabajo recircula al tanque o depósito y repite el proceso.
- **Tanque o depósito:** es el encargado de almacenar, recuperar el fluido, eliminar calor y separar aire del aceite; normalmente se da en la etapa retorno en donde se filtra el fluido, se enfría y se elimina el aire del aceite para un óptimo funcionamiento.
- **Fluidos:** por lo general en el uso de máquinas – herramientas se utilizan aceites, refrigerantes, gases o varios de ellos a la vez. En el mercado existe una gran variedad de aceites cada uno con sus propias especificaciones (densidad, viscosidad, etc.) acordes a la máquina o sistema en el cual van a ser aplicados, de la misma manera para los refrigerantes se pueden clasificar de manera general en líquidos de base acuosa, líquidos sintéticos y aceites minerales y vegetales. En el caso de fluidos gaseosos; se pueden utilizar: aire a presión, O₂, CO₂ o varios tipos de gases inertes.
- **Actuadores hidráulicos:** son los elementos que van a realizar un trabajo, desplazamiento o movimiento entre los cuales se puede mencionar pistones o cilindros hidráulicos, mordazas hidráulicas, entre otras; las cuales pueden funcionar solas o transmitir movimiento a dispositivos mecánicos.

- **Manómetros:** son instrumentos indicadores de presión, por lo general poseen una medición en dos sistemas de unidades diferentes (bar y psi).
- **Red de distribución:** está conformada por las tuberías, cañerías, accesorios y otros elementos por los cuales circula el fluido.
- **Elementos de regulación y control:** está conformado por válvulas, electroválvulas, purgas las cuales permiten la regulación del paso del fluido, control o bloqueo del mismo dentro de la red de distribución.

c. **Sistemas eléctricos y de control**

Se encuentran conformados por dispositivos que tienen alimentación eléctrica los cuales transforman la electricidad en trabajo; también se encargan de enviar señales de control recibidas por sensores (fines de carrera, sensores inductivos, infrarrojos, etc.) a dispositivos de control (PLC) el cual se encarga de recibir las señales (entradas) y enviar señales de control a los actuadores (salidas) para así activar los dispositivos de control eléctrico como relés, contactores, electroválvulas (solenoides), motores, bombas, etc.

El automatismo de una máquina-herramienta depende directamente de este sistema puesto que es el encargado de cumplir las funciones que realizaría el operador en forma manual.

Para desarrollar e implementar este sistema es necesario conocer y seleccionar los dispositivos a utilizar de forma correcta, a la par con los parámetros como costos, espacio físico, grado de automatización, tiempo, etc. Para ello en el siguiente capítulo se aplicará la función de la calidad la cual permitirá realizar una selección de alternativas de diseño previas a la selección de dispositivos y diseño de los sistemas.

Es meritorio destacar que todos los sistemas deben ser diseñados a la par a fin de proporcionar un diseño óptimo con el menor número de errores posibles durante la implementación de todos los sistemas.

1.5.11. Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos los cuales dentro de una máquina son los encargados de captar información en forma de impulsos eléctricos y realimentarla a la unidad de control para así activar los actuadores; a su vez forman parte del sistema eléctrico y de control por lo cual debe realizarse una correcta selección que dependerá de los requerimientos establecidos. Entre los tipos de sensores más aplicados dentro de máquinas-herramientas; así como de sistemas se encuentran:

- Mecánicos o de contacto
- Ópticos
- Térmicos
- De humedad
- Magnéticos
- Infrarrojos

Es importante mencionar que la clasificación de los sensores es extensa por lo cual se mencionaron los tipos más comunes de sensores basados en: la variable física medida.

1.5.12. Pantalla HMI

Una pantalla HMI “Human Machine Interface” también conocida como display o pantalla de operador, es un medio de intercambio de información entre máquinas o procesos controlados y el usuario; mediante su utilización existe la posibilidad de cambiar parámetros, verificar información, operar el progreso de un proceso de manera sencilla y visual mediante imágenes en la pantalla; así como interactuar entre varias ventanas.

En un sistema o máquinas automatizadas la aplicación de las pantallas HMI ofrece rapidez en el control de equipos, optimización del espacio físico debido a que se reemplazan los grandes tableros de control que utilizan botoneras, pulsadores, selectores, luces piloto; así como una gran variedad de indicadores digitales y análogos que permiten la operación; cabe destacar que en tanto más características de operación posean el sistema o máquina, más botoneras son necesarias para un funcionamiento eficiente. (ELECTRO INDUSTRIA, 2013)

Existen dos tipos de HMI's:

- **Terminal de operador:** son dispositivos instalados directamente en campo (lugar de trabajo con condiciones agresivas), se pueden utilizar pantallas touch que tengan un grado IP que cumpla con los requerimientos solicitados.
- **PC + Software:** esta alternativa requiere de la instalación de un software en un computador, el cual cumplirá con las funciones de control.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente capítulo se analizarán las diferentes alternativas para el diseño del sistema de posicionamiento y corte; así como para la selección de dispositivos necesarios acordes al tipo o tipos de accionamiento seleccionados, los mismos que deben ser los más óptimos y que se adapten a las necesidades.

Situación inicial: se necesita un sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos el cual opere de una forma semi-automática.

Situación final: optimizar recursos en el proceso de corte de perfiles metálicos mediante la implementación de un sistema de posicionamiento y corte semi-automático.

2.1. Objetivos del diseño

- Sujetar perfiles metálicos a cortar.
- Transportar y posicionar los perfiles metálicos para el proceso de corte por sierra de cinta (serrado).
- Cortar perfiles metálicos de forma eficiente y optimizando los recursos materiales y talento humano.

2.2. Variables de la investigación

2.2.1. Variables Dependientes

- Optimización de parámetros de corte por arranque de viruta (serrado).

2.2.2. Variables Independientes

- Sistema semiautomático para posicionamiento y corte.

2.3. Antecedentes

A nivel mundial gran parte de los avances tecnológicos han permitido desarrollar optimización en el control de procesos y producción, es normal ver que en las industrias se ha implementado automatizaciones en varios procesos, así como máquinas de control numérico que proporcionan múltiples beneficios pese a su alto costo de inversión.

En el Ecuador existen industrias dedicadas al manejo de materia prima tales como alimentaria, maderera, siderúrgica, metalmecánica, entre otras, las cuales en la actualidad han automatizado parte de sus procesos productivos a fin de incrementar la producción y mejorar la calidad de sus productos. Existen varios tipos de sistemas que brindan la facilidad para realizar estos controles pero en su gran mayoría son de alto coste de implementación y tienen un rango de seguridad establecido que para ser mejorado se necesita elementos de mayor tecnología y por ende de mayor costo, lo que no muchas entes empresariales están dispuestas a invertir.

En la provincia de Cotopaxi parte de su campo industrial ha optado por la implementación de máquinas automatizadas que favorecen sus procesos mediante módicas inversiones de capital que a corto o mediano plazo muestran las ventajas de utilizar equipos novedosos, o a su vez automatizar sus procesos.

2.4. Justificación

Al ser el proceso de corte una actividad de riesgo físico para el operario; ya que existe peligro de mutilación de los miembros superiores; así como de afectación hacia los ojos ocasionada por la viruta desprendida de la pieza durante el proceso de corte, por tal motivo es necesario tener un grado de seguridad que permita el desempeño de la actividad por parte del operador en forma segura. Un factor determinante que justifica el desarrollo del proyecto es el requerimiento de talento humano necesario para desempeñar esta actividad, lo cual conlleva que con la implementación del sistema se logrará realizar la tarea de forma eficiente y maximizando la utilización los recursos existentes.

El proceso de corte se desarrollará en forma semi-automática debido a que el operador únicamente se encargará del ingreso y salida del material; en tanto que el proceso de corte una vez iniciado es automático posicionando el material a la zona de corte de forma automática sin requerir de la intervención de operador alguno, hasta que el material cargado en el sistema de la máquina se termine. Lo antes mencionado influye en los tiempos de duración total de la actividad y por ende colabora con la optimización de recursos tanto materiales como de talento humano además del análisis necesario sobre los parámetros de corte para un correcto y eficiente diseño del sistema.

2.5. Casa de la calidad

Es una matriz que relaciona las necesidades y requerimientos del usuario con el punto de vista del ingeniero el cual prioriza aspectos técnicos del producto. La casa de la calidad consta de seis puntos que se analizarán a continuación:

1. Voz del usuario
2. Análisis de competitividad
3. Voz del ingeniero
4. Correlaciones
5. Comparación técnica
6. Compromisos técnicos

2.5.1. Voz del usuario

Dentro del diseño para la calidad; la voz del usuario así como sus requerimientos, son el factor fundamental en el diseño. Para ello se presentan las necesidades del usuario las mismas que se describen a continuación:

- Que el funcionamiento de la máquina sea semi-automático.
- Que la inversión sea de bajo costo.
- Que exista la posibilidad de modificar valores y parámetros; o sea que sea regulable.
- Que sea de fácil operación.

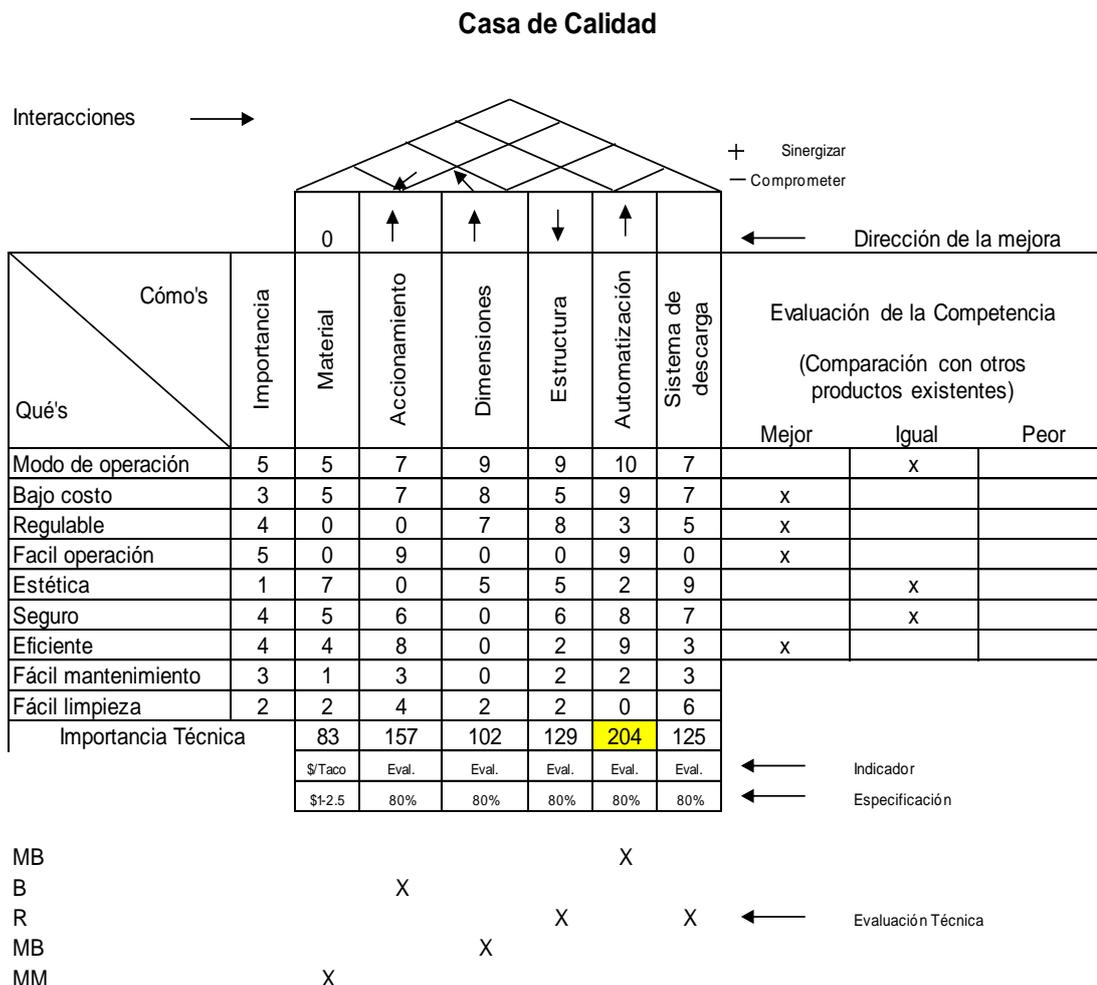
- Que tenga una apariencia estética.
- Que proporcione seguridad al operador.
- Que la operación de corte se realice de forma eficiente.
- Que sea de fácil mantenimiento.
- Que sea de fácil limpieza.

2.5.2. Voz del ingeniero

Las características técnicas necesarias para cumplir con las necesidades del usuario se describen a continuación:

- Material
- Accionamiento
- Dimensiones
- Estructura
- Automatización
- Sistema de descarga

2.5.3. Matriz de la casa de la calidad



**Característica de Calidad
COMO LOGRARLO**

Material	ACERO ASTM A36
Accionamiento	Actuador Hidráulico
Dimensiones	Regulable para cortar perfil de hasta 6m de longitud
Estructura	Ver diseño CAD

Figura 6. Matriz de la casa de la calidad aplicada al proyecto

2.5.4. Conclusiones de la casa de la calidad

De los valores descritos en la Figura 6, los requerimientos del cliente representan el factor más importante para el diseño; es así que a continuación se detalla el criterio por parte de la empresa respecto a sus preferencias en cuanto al diseño y funcionamiento del sistema y la máquina.

Para el usuario las prioridades son:

1. El funcionamiento final de la máquina debe ser semi-automático.
2. Bajo costo de inversión para el diseño e implementación.
3. La velocidad de corte y el posicionamiento del perfil metálico debe ser regulable.
4. Sea de fácil operación.
5. Proporcione seguridad al operador.
6. El corte debe ser eficiente.

Además el usuario requiere optimizar recursos materiales existentes, utilizando dispositivos, estructura y otros que puedan ser utilizados en lugar de adquirir productos nuevos.

Para el ingeniero las prioridades son:

1. Materiales a utilizar
2. Tipos de accionamiento de los sistemas
3. Dimensiones
4. Estructura
5. Automatización

2.6. Diseño conceptual

2.6.1. Especificaciones para el diseño

La necesidad de implementar un sistema automatizado para el proceso de corte debido a los recursos que necesita para su ejecución, para ello en primer lugar se establecen una serie de requerimientos que deben satisfacer las condiciones del diseño. Mediante la aplicación de la casa de la calidad en el diseño por calidad; así como, basado en las conclusiones obtenidas de la misma permiten aclarar las puntualizaciones del presente proyecto.

El sistema de posicionamiento y corte debe ser capaz de realizar el proceso de corte de forma semiautomática, el carro alimentador debe trasladar el perfil metálico hacia el punto de corte considerando los parámetros de corte, número de piezas; así como la dimensión requerida. Dentro del diseño mecánico se deben considerar requerimientos como el de proporcionar seguridad al operador; para cumplir con este requerimiento es necesario implementar en el diseño una estructura la cual bloquee el contacto con el sistema de posicionamiento y corte durante la ejecución del proceso.

En lo concerniente al diseño eléctrico y de control la implementación de botoneras de emergencia (paro de emergencia) para detener el proceso en el caso de que se provoque un problema durante el proceso de corte. Además de seleccionar los dispositivos de control y potencia necesarios.

2.6.2. Diagrama de flujo del proceso

Descritas las necesidades y requerimientos para el diseño de los sistemas; a continuación se presenta en la Figura 7 el diagrama de flujo del proceso, la cual describe el funcionamiento del proceso, tomando en consideración posibles fallas y diversas opciones a seleccionar la forma de operación acorde al tipo de perfil metálico a cortar.

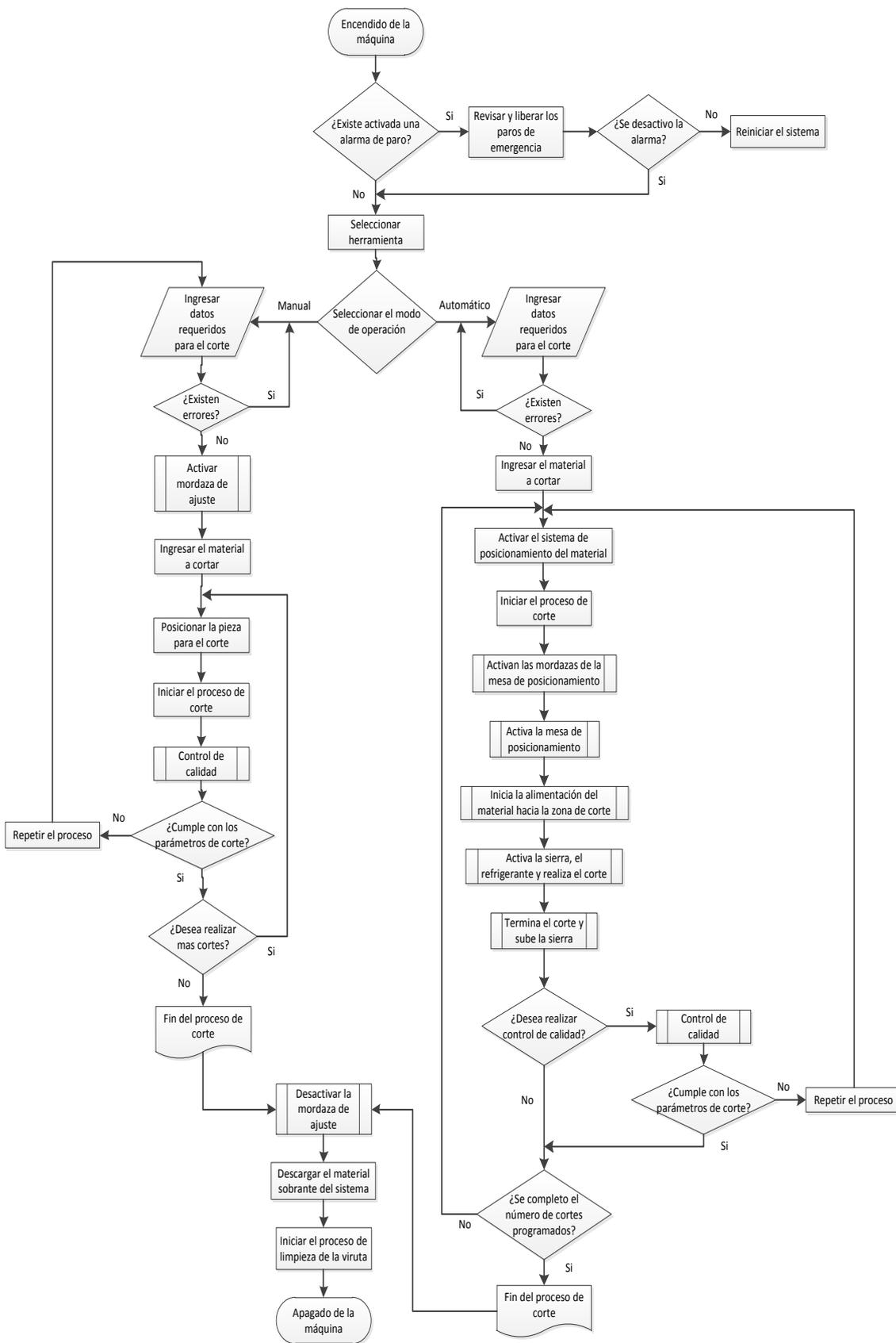


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso

2.7. Análisis funcional

Para describir y resolver los problemas de diseño, es necesario conocer las funciones que cumple un sistema. El análisis funcional de un producto o sistema; así como la elaboración de la estructura funcional, es parte primordial para establecer su estructura modular mediante la combinación de diversas funciones de tal manera que se logren los objetivos prioritarios que son:

a) Agrupar las funciones en módulos

Es aconsejable que cada una de las funciones sea realizada por un solo módulo.

b) Establecer las interfaces adecuadas entre los módulos existentes

Una interfaz es una zona que establece relaciones de unión mecánica, flujo de energía o señales entre módulos de un sistema. A continuación se presenta un listado de las funciones que deben cumplir en el sistema de posicionamiento y corte de perfiles metálicos.

- Colocar el perfil metálico en el sistema.
- Encender la máquina.
- Ingresar los parámetros requeridos.
- Iniciar la alimentación del material mediante el sistema para posicionamiento y corte.
- Iniciar el proceso de corte.
- Retirar el material sobrante de la máquina.
- Apagar la máquina.
- Retirar el material cortado.

a) Agrupación de funciones en módulos

NIVEL 0

Entrada:

- Perfiles metálicos (material).
- Alimentación eléctrica.
- Sistema hidráulico.

- Señales de control.

Proceso:

- Corte de perfiles metálicos.

Salida:

- Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos.

NIVEL 1

Entrada:

- Perfiles metálicos (material).
- Esfuerzo físico.

Proceso:

- Colocar el perfil metálico en el sistema.

Salida:

- Perfil metálico colocado en el sistema para posicionamiento.

NIVEL 2

Entrada:

- Alimentación eléctrica.
- Señales de control.

Proceso:

- Encender la máquina.

Salida:

- Máquina encendida.

NIVEL 3

Entrada:

- Esfuerzo físico.
- Señales de control.

Proceso:

- Ingresar los parámetros requeridos.

Salida:

- Parámetros de corte ingresados.

NIVEL 4

Entrada:

- Esfuerzo físico.
- Alimentación eléctrica.

- Sistema hidráulico.
- Señales de control.

Proceso:

- Iniciar la alimentación del material mediante el sistema para posicionamiento y corte.

Salida:

- Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos inicializado.

NIVEL 5

Entrada:

- Perfiles metálicos (material).
- Alimentación eléctrica.
- Sistema hidráulico.
- Señales de control.

Proceso:

- Iniciar el proceso de corte.

Salida:

- Máquina y sistema operando.

NIVEL 6

Entrada:

- Esfuerzo físico.

Proceso:

- Retirar el material sobrante de la máquina.

Salida:

- Descarga del material sobrante del sistema.

NIVEL 7

Entrada:

- Esfuerzo físico.
- Señales de control (control de mando).

Proceso:

- Apagar la máquina.

Salida:

- Máquina apagada.

NIVEL 8

Entrada:

- Esfuerzo físico.

Proceso:

- Retirar el material cortado.

Salida:

- Material procesado retirado de la máquina.

2.8. División modular

Al tratarse de una máquina con funcionamiento semi-automático, se ha decidido separar la máquina mediante el análisis funcional en 4 módulos que se conforman de la siguiente manera: módulo de ingreso de parámetros; módulo de posicionamiento, sujeción y alimentación; módulo de corte y módulo de extracción.

2.8.1. Módulo 1: Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material

En este módulo se permite ingresar los valores requeridos para realizar el proceso de corte, para lo cual se debe realizar las siguientes funciones:

- Inicializar los parámetros de corte de la máquina.
- Detectar si el material en la máquina se termina.

2.8.2. Módulo 2: Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte

Es el encargado de alimentar (transportar), sujetar y posicionar el perfil metálico a cortar, para ello cumple con las siguientes funciones:

- Sujetar el material dentro de la máquina.
- Alimentar (transportar) el material hacia el punto de corte.
- Posicionar el material a la medida ingresada al inicializar el corte.

2.8.3. Módulo 3: Corte del material con la sierra de cinta

El objetivo de este módulo es realizar el corte para su posterior extracción, para esto cumple con las siguientes funciones:

- Controlar la bajada de la sierra de cinta.
- Regular la velocidad de bajada de la sierra.
- Subir la sierra una vez finalizado el proceso de corte.

2.8.4. Módulo 4: Extracción del material cortado (Opcional)

Este módulo debe cumplir el objetivo de extraer el material cortado para su posterior utilización, cabe mencionar que no necesita tener un alto grado de automatización, cumple las siguientes funciones:

- Transportar el material cortado por un sistema el cual permita eliminar la viruta producida por el proceso de corte.
- Depositar el material dentro de un depósito para su fácil extracción.
- Facilitar la extracción de piezas una vez finalizado el proceso de corte.

NOTA: El ingreso del material en la máquina es manual y la alimentación del material al punto de corte es automática.

2.9. Matriz morfológica

Definidas y detalladas cada una de las necesidades y métodos de funcionamiento del sistema para posicionamiento y corte, se procede a realizar un análisis individual de cada uno de los componentes que conforman el sistema. En la Tabla 2 se presenta el planteamiento de alternativas que representa la matriz morfológica que contiene la información de las alternativas; de esta manera se pretende obtener un diseño de calidad que proporcione un óptimo funcionamiento.

Tabla 2

Planteamiento de alternativas para cada módulo

MÓDULOS	SOLUCIONES		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1. Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material.	Manual mediante una interfaz adecuada.	Manual mediante una pantalla con teclado numérico.	Programado con valores estándar.
2. Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte.	Banda transportadora.	Actuadores hidráulicos con guías.	Mixtos (Hidráulicos, y eléctricos).
3. Corte del material	Sistema mecánico.	Sistema	Sistema

CONTINUA 

con la sierra de cinta.		hidráulico.	electromecánico.
4. Extracción del material cortado.	Manual.	Eléctrico.	Banda transportadora.

Para realizar cada tarea de forma óptima y ajustándose a los requerimientos, se consideran varias alternativas para cada uno de los módulos:

2.9.1. Módulo 1: Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material

Objetivo: Inicializar los parámetros requeridos para el corte mediante el uso del panel de control de la máquina; para ello se analizan:

- Interfaz
- Panel de operador

A continuación en las Tabla 3 y 4, se presenta información de la matriz morfológica correspondiente al módulo 1.

Tabla 3

Matriz morfológica de interfaz en el panel de operador

Descripción:	Interfaz - Medio de interacción entre humano-máquina	
Alternativas:	1. Teclado	2. Touch panel
Ventajas:	Costo medio, fácil instalación, grado de protección IP alto, fácil uso.	Fácil instalación, fácil programación, programación de variables deseadas, reducido tamaño, amigable al usuario, grado de protección IP alto.
Desventajas:	Espacio físico requerido amplio, asignación total de teclas a utilizar, limitación en número de variables a operar.	Costo alto, requiere de uso adecuado (capacitación del operador), frágil a golpes.

Tabla 4

Matriz morfológica del panel de mando para el operador

Descripción:	Panel de mando	
Alternativas:	1. Externo a la máquina	2. Anclado a la máquina
Ventajas:	Fácil construcción, posibilidad de posicionarse en varios puntos deseados por el operador, evitar golpes, mayor seguridad del operador, costo medio.	Fácil instalación, reducido tamaño, puede posicionarse cerca a la máquina, fácil transporte de la máquina, costo bajo, posibilidad de giro respecto a un punto fijo.
Desventajas:	Espacio físico requerido amplio, difícil cambio de posición de la máquina por el peso, posibilidad de daños en el cableado por cambios de posición.	Difícil instalación, requiere análisis de esfuerzos, requiere de un análisis de posición más adecuada.

2.9.2. Módulo 2: Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia la zona de corte

Objetivo: Posicionar, sujetar y alimentar el material hacia el punto de corte; para ello se analizan:

- Pistones hidráulicos
- Sensores de activación de ciclos
- Sensores de control de distancia
- Mordazas hidráulicas
- Electroválvulas

A continuación en las Tabla 5 a la 11, se presenta información de la matriz morfológica correspondiente al módulo 2.

Tabla 5

Matriz morfológica del sensor de control de distancia

Descripción:	Sensor de distancia	
Alternativas:	1. Potenciómetro lineal	2. Encoder incremental
Ventajas:	Bajo costo, fácil utilización, protección alta, fácil montaje, alta resolución.	Define un punto de inicio, reconoce la posición actual, inmune a interferencias, alta precisión.
Desventajas:	Salida analógica, límite en distancia.	Alto costo, posee una sola codificación, requiere correcto acondicionamiento o programación para su uso.

Tabla 6

Matriz morfológica del medio para cambiar la posición

Descripción:	Medio de desplazamiento para cambiar la posición	
Alternativas:	1. Tuerca - Tornillo	2. Piñón - Cremallera
Ventajas:	Permite acoplamiento de motor y sensor para controlar las distancias de corte, fácil de construir, permite manejar más peso, alta precisión.	Cálculos más sencillos, alta precisión, fácil montaje, fácil mantenimiento.
Desventajas:	Cálculos de mediana dificultad, Alto costo, montaje difícil, requiere mantenimiento cada cierto lapso de tiempo.	Requiere adquisición de la cremallera y diseño del piñón, costo alto, maneja poco peso.

Tabla 7

Matriz morfológica de mordazas para sujeción del material

Descripción:	Mordazas para sujeción del material	
Alternativas:	1. Mordazas manuales	2. Mordazas hidráulicas
Ventajas:	Bajo costo, simplicidad en el uso.	Se puede realizar el ciclo automáticamente, mayor

CONTINÚA 

		eficiencia en el apriete, sin vibraciones, no requiere acción del operador, facilita el proceso, reduce tiempos.
Desventajas:	En ocasiones puede producir ciertos desplazamientos no deseados al momento de realizar el apriete, no brinda seguridad al operador, daños en los componentes mecánicos, vibraciones durante el corte.	Alto costo, requiere de calibración de la precisión de apriete.

Tabla 8

Matriz morfológica del alimentador de material

Descripción:	Alimentador de material	
Alternativas:	1. Rodillo de arrastre	2. Pistón hidráulico
Ventajas:	Bajo costo en diseño, fácil montaje, simplicidad en el funcionamiento.	Controlable con electroválvulas, eficiente para trabajos de carga, fácil montaje, control de velocidad, mantenimiento a mediano plazo.
Desventajas:	Desgaste por rodadura, daños en los componentes mecánicos, no recomendado para carga.	Costo medio, límite de carrera recorrida, requiere posicionamiento correcto, repuestos bajo pedido.

Tabla 9

Matriz morfológica del sistema de control

Descripción:	Sistema de control	
Alternativas:	1. Contactores	2. PLC – Control Lógico Programable
Ventajas:	Costo menor, fácil instalación, tiempos de respuesta rápidos.	Se pueden controlar y programar ciclos de trabajo, se pueden almacenar las variables, fácil instalación, programación de todas las variables a utilizar, tiempos de respuesta cortos, mayor eficiencia.
Desventajas:	Se requiere utilizar una gran cantidad, requiere espacio físico, susceptibles a daños eléctricos.	Costo alto, requiere poco espacio físico para su instalación.

Tabla 10

Matriz morfológica del motor para cambiar la posición

Descripción:	Motor	
Alternativas:	1. Motor eléctrico	2. Motor reductor
Ventajas:	Velocidad nominal, bajo costo.	Posee caja reductora, alto torque, no requiere una base de sujeción.
Desventajas:	Requiere de variador de frecuencia para controlar la velocidad, requiere una base de sujeción.	Requiere de variador de frecuencia para controlar la velocidad, alto costo.

Tabla 11

Matriz morfológica de activación de ciclos

Descripción:	Sensor de activación de ciclos	
Alternativas:	1. Fin de carrera	2. Sensor inductivo
Ventajas:	Bajo costo, fácil instalación, fácil conexión, empleados en ambientes industriales, rápida activación, grado de protección IP alto.	Alta precisión, mayor exactitud, grado de protección IP alto, no requiere tener contacto directo con el material.
Desventajas:	Porcentaje de error (corregible mediante pruebas).	Costo alto, Acondicionamiento de la señal, activación con metales (incluso virutas grandes), la instalación requiere una base.

2.9.3. Módulo 3: Corte del material con la sierra de cinta

Objetivo: Controlar el movimiento de la sierra y el proceso durante el ciclo de corte del material; para ello se analizan:

- Cinta de la sierra
- Pistón hidráulico
- Electroválvulas
- Sensores de activación de ciclos
- Motores eléctricos
- Bomba hidráulica
- Refrigerante

A continuación en las Tabla 12, 13 y 14, se presenta información de la matriz morfológica correspondiente al módulo 3.

Tabla 12

Matriz morfológica de la cinta de la sierra

Descripción:	Cinta de la sierra	
Alternativas:	1. Bimetálica	2. Otras
Ventajas:	Ideal para cortar perfiles metálicos, gran variedad de TPP o dientes por pulgada, variedad de formas de dientes, vida útil amplia.	Posibilidad de corte de materiales de mayor dureza, gran variedad de TPI o dientes por pulgada, variedad de formas de dientes, vida útil amplia.
Desventajas:	Costo medio, debido a la longitud en varios casos se debe mandar a construir bajo especificación.	Costo alto, requiere mantenimiento.

Tabla 13

Matriz morfológica del líquido refrigerante

Descripción:	Líquido refrigerante	
Alternativas:	1. Taladrina semi-sintética	2. Emulsiones de aceite
Ventajas:	Se utiliza en procesos de mecanizado, fácil de preparar, color característico, lubrica, refrigera, facilita salida de la viruta, protege contra la corrosión.	Se utilizan principalmente en laminación y embutido, lubrica, refrigera.
Desventajas:	Costo alto, contiene químicos.	Costo alto.

Tabla 14

Matriz morfológica de activación de ciclos

Descripción:	Sensor de activación de ciclos	
Alternativas:	1. Fin de carrera	2. Sensor de altura – potenciómetro lineal
Ventajas:	Bajo costo, fácil instalación, fácil conexión, empleados en ambientes industriales, rápida activación, grado de protección IP alto.	Alta precisión, mayor exactitud.
Desventajas:	Porcentaje de error (corregible mediante pruebas).	Costo alto, limitación en la distancia medida, susceptible a golpes, requiere mantenimiento.

2.9.4. Módulo 4: Extracción del material cortado

Objetivo: Extraer el material cortado una vez finalizado el proceso de corte; para ello se analizan:

- Sistema de salida

A continuación en la Tabla 15, se presenta información de la matriz morfológica correspondiente al módulo 4.

Tabla 15

Matriz morfológica del sistema de salida de material

Descripción:	Sistema de salida de material	
Alternativas:	1. Estructura mecánica (rampa)	2. Mesa de rodillos
Ventajas:	Fácil construcción, simple diseño, barato, rápido, no requiere espacio físico adicional.	Permite corte de longitudes amplias, salida de material adecuada (sin golpes), mayor facilidad de extracción del material, modular.
Desventajas:	Posibles golpes por caída de piezas, posibles daños al material durante la caída, no estético.	Difícil construcción, costo medio, requiere más espacio físico adicional.

2.10. Selección de alternativas

MÓDULO 1:

Para el módulo correspondiente al ingreso de los parámetros relacionados al corte del material en general se optó por la alternativa 2 siendo esta de forma manual mediante una pantalla con teclado numérico. Así también dentro de la subdivisión de este módulo se seleccionaron las siguientes alternativas:

1. **Interfaz - Medio de interacción entre humano-máquina:** se seleccionó la alternativa 2 correspondiente al touch panel debido a la mayor facilidad para crear una interfaz amigable con el usuario, la misma que permitirá mayor facilidad de uso y comprensión acerca de la operación de la máquina de corte y del proceso como tal.
2. **Panel de operador:** se seleccionó la alternativa 2 en la cual se opta que el panel de operador se encuentre anclado a la máquina para mayor facilidad durante un traslado o cambio de posición de la máquina – herramienta dentro de las instalaciones de la empresa.

MÓDULO 2:

En lo referente al posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte, para optimizar los recursos existentes dentro de la fábrica se optó por seleccionar la alternativa 3, en la cual se emplea un sistema mixto (Hidráulico y eléctrico); para mayor facilidad en el control; en la correspondiente subdivisión de este módulo además se seleccionaron las siguientes alternativas:

1. **Sensor de distancia:** se seleccionó la alternativa 2 en la cual se emplea un encoder absoluto para determinar la distancia, debido a sus ventajas en lo referente a la distancia de medición.
2. **Medio de desplazamiento para cambiar la posición:** se seleccionó la alternativa 1 referente a un mecanismo tuerca – tornillo que sirve de tornillo adelantador de la base en donde se encuentra el sensor que activa las secuencias de alimentación de material, debido a la existencia de ambos.

3. **Mordazas para sujeción del material:** se seleccionó la alternativa 2 en la cual intervienen mordazas hidráulicas puesto que la máquina tiene funcionamiento hidráulico y de esta forma el control de los mismos es más eficiente el apriete del material durante todo el proceso de corte.
4. **Alimentador de material:** se seleccionó la alternativa 2 que emplea un pistón hidráulico ya que la carga que debe mover es alta y los sistemas hidráulicos son aptos para desempeñar estas tareas.
5. **Sistema de control:** se seleccionó la alternativa 2 en la cual se hace empleo de un Controlador Lógico Programable - PLC (Siemens S7-1200 CPU 1214) ya que permite el control de varias variables tanto de entrada como de salida de forma rápida y eficiente.
6. **Motor:** en específico para activar el medio de desplazamiento de la base que controla las longitudes de corte en la cual se seleccionó la alternativa 2, para ello se emplea un motor reductor debido a la disponibilidad en la empresa.
7. **Sensor de activación de ciclos:** se seleccionó la alternativa 1 en la cual se hace empleo de fines de carrera; ya que para el control de activación de la mesa de alimentación y los topes para evitar el coche del carro alimentador se requiere de sensores con un grado de protección IP alto y que no requieran de mucho mantenimiento debido a la ubicación estratégica dentro del sistema.

MÓDULO 3:

En lo relacionado al corte del material con la sierra de cinta en donde el proceso a ser analizado es la bajada de la sierra de cinta y la tensión de la misma; se seleccionó la alternativa 2, en donde el funcionamiento de la sierra es mediante un sistema hidráulico. Dentro de la subdivisión de este módulo se seleccionaron las siguientes alternativas:

1. **Cinta de la sierra:** basados en el material a ser cortado y previo una búsqueda de las herramientas (cintas de corte) ideales para cada proceso y material; se seleccionó la alternativa 1 en donde se emplea una cinta bimetálica la misma que es ideal para cortar perfiles metálicos así como una gran variedad de metales.

2. **Líquido refrigerante:** uno de los parámetros clave para alargar el tiempo de vida de una herramienta es el correcto uso y cuidado durante y después del proceso en el cual son empleadas; parte fundamental durante un proceso de corte es el uso de sustancias refrigerantes debido al incremento de temperatura en el material y herramienta debido al contacto; es así que se seleccionó la alternativa 1 (Taladrina semi-sintética) puesto que es recomendada y muy utilizada para procesos de mecanizado y corte.
3. **Sensor de activación de ciclos:** en el proceso de corte aplicando una sierra de cinta horizontal la herramienta se mueve hacia la pieza; es por esto que se debe controlar la bajada y subida de la misma, por tal razón se seleccionó la alternativa 1 que emplea un fin de carrera que físicamente es de fácil instalación y activación.

MÓDULO 4:

La extracción del material una vez finalizado el proceso de corte no tiene altos requerimientos como los anteriores por lo cual se seleccionó la alternativa 1 en la cual el operador extraerá las piezas cortadas de forma manual para evitar gastos innecesarios de recursos; cabe mencionar que una vez terminado el proceso de corte el material (perfil metálico) se conducirá por un sistema en el cual la viruta desprendida sea separada; y de esta forma facilitar al operador su extracción.

1. **Sistema de salida de material:** se seleccionó la alternativa 2 correspondiente al empleo de una mesa de rodillos puesto que permite regular la altura de salida de material; así también permite cortar longitudes amplias sin temor al pandeo final que se produce en las últimas instancias del corte.

NOTA: Debido al insuficiente espacio físico disponible actualmente dentro de la planta respecto al espacio físico requerido; se ha optado por la eliminación de este módulo, dejándolo como un trabajo futuro con el consentimiento de los patrocinadores del proyecto.

2.11. Operacionalización de variables

2.11.1. Operacionalización de variables independientes

Tabla 16

Análisis estructural

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
La estructura física de una máquina –herramienta corresponde a uno de los principales componentes debido a que en ella se colocan accesorios y dispositivos requeridos para realizar un trabajo determinado; es por ello que debe cumplir requerimientos mínimos para así obtener un buen desempeño y cumplir con el trabajo de forma óptima, algunos de los factores que más influyen en este análisis corresponde a las dimensiones, espacio físico disponible, costo, facilidad de montaje , etc.	Longitud.	1,2 Metros de mesa capaz de soportar el largo de un perfil completo (6,4 metros de largo).	Flexómetro.
	Ancho.	250 mm que abarquen la mesa de alimentación.	Flexómetro.
	Alto.	Regulable para poder posicionarlo a nivel con la mesa y la sierra para un corte recto.	Flexómetro y nivel.
	Espesor de las paredes.	$\frac{3}{4}$ pulg. Para soportar el peso de materiales huecos y macizos.	Calibrador digital.
	Peso.	Mantener estabilidad y baja vibración durante el funcionamiento.	Balanza o dinamómetro.

Dentro de las variables independientes relacionadas al sistema semiautomático para posicionamiento y corte se encuentran:

- Análisis estructural.
- Análisis de esfuerzos.

Como se puede apreciar en las Tabla 16 y 17, se presenta información relacionada a la operacionalización de variables independientes.

Tabla 17

Análisis de esfuerzos

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Acorde a la operación que se va a desempeñar, los componentes que conforman el sistema van a estar sujetos a esfuerzos como fatiga, deformaciones, etc. los cuales dependerán del material y diseño de su construcción. Es importante analizar estos factores porque de ellos depende el correcto dimensionamiento y selección de dispositivos para un óptimo funcionamiento del sistema.	Fatiga.	Desgaste.	Cálculos y comprobación por software de simulación.
	Material.	Dureza.	Cálculos y comprobación por software de simulación.
	Deformación.	Pandeo.	Cálculos y comprobación por software de simulación.

2.11.2. Operacionalización de variables dependientes

Dentro de las variables dependientes relacionadas a la optimización de los parámetros de corte por arranque de viruta (serrado) se encuentran:

- Coste de producción.
- Velocidad de corte.
- Acabado superficial.
- Fallas en el proceso de corte.

A continuación en las Tabla 18 a la 21, se presenta información relacionada a la operacionalización de variables dependientes.

Tabla 18

Coste de producción

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
El coste de producción determina ganancias o pérdidas según se utilicen los recursos existentes para desempeñar un trabajo, dentro de una optimización un parámetro que se busca optimizar es el tiempo con lo cual se influencia directamente el costo, de esta forma se busca realizar la operación maximizando recursos y disminuyendo tiempos y costes de proceso.	Tiempo de operación.	Número de piezas/tiempo.
	Tiempo no productivo.	Tiempo de preparación de la máquina, limpieza, mantenimiento, terminación de material.
	Tiempo de vida de la herramienta.	Tiempo de trabaja la herramienta proporcionando un acabado aceptable.
	Coste horario.	Mano de obra, uso de instalaciones, mantenimiento, etc.

Tabla 19

Velocidad de corte

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
Un parámetro vital en un proceso de corte debido a que depende de factores como: material a cortar, herramientas, pasos de los dientes (TPI), tipos de viruta producida, etc.	Herramienta.	TPI de las cintas de sierra, longitud de la cinta, tipo de dientes, etc.
	Material de la herramienta.	Material del cual está compuesto la cinta, para perfiles metálicos y macizos la cinta bimetálica se encuentra dentro del rango requerido.
	Potencia del motor.	La necesaria en la selección.
	Revoluciones por minuto.	Las necesarias en la selección.
	Refrigerante.	Acorde al costo, disponibilidad en el mercado, características requeridas para el proceso.
Dimensiones y forma del material a cortar.	Según forma huecos o macizos, además de por su tamaño sean pequeños o grandes siempre y cuando no excedan los límites permisibles del sistema.	

Tabla 20

Acabado superficial

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
Dentro de un proceso de corte por arranque de viruta como lo es el proceso de serrado (aserrado), lo que se busca el la menor pérdida de material y un óptimo acabado superficial debido a que evitaría un nuevo proceso pos corte, el acabado superficial muestra la correcta selección de los parámetros de corte o a su vez el parámetro incorrecto; ya que en él se aprecia de forma clara los resultados obtenidos validando de esta forma la utilidad y ventajas del sistema.	Rectitud en el corte.	Verificación mediante el uso de una escuadra.
	Exactitud en la medida (longitud) de corte.	Longitud de corte ingresada por el panel de operador igual a la obtenida por el proceso de corte.
	Repetitividad.	Longitud de corte requerida sea individual o por paquetes (fajos) siempre sea la misma según el número de piezas requeridas.
	Desfasamiento.	Falta de tensionamiento de la cinta o desgaste de la herramienta.
	Líneas de corte.	Mal acabado superficial provocado por una velocidad de avance inadecuada (excesiva) en donde se produce un cabeceo.

Tabla 21

Fallas en el proceso de corte

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
Las fallas producidas durante el proceso de corte, se deben a una variedad de factores; sean fallas humanas, errores de programación, desperfectos mecánicos, etc. los cuales provocan resultados no deseados.	Ejecución en la medición.	Porcentaje de error.
	Piezas defectuosas.	Porcentaje de error individual; así como por fajos.
	Desgaste de la herramienta.	Daños en los dientes de la cinta y fallas en el acabado superficial.
	Cancelación del proceso de corte.	Rotura de la cinta y/o desperfectos en unos de los sistemas.

Posteriormente en el capítulo 4 correspondiente a: Análisis, pruebas y resultados se analizará de manera más detalla esta información.

2.12. Matriz de evaluación

A continuación, en la Tabla 22 se presentan las ponderaciones correspondientes a los elementos que conforman el sistema en la máquina:

Tabla 22
Matriz de evaluación de alternativas

MÓDULOS	SOLUCIONES						
	Ponderación	Alternativa 1	Ponderación	Alternativa 2	Ponderación	Alternativa 3	Ponderación
Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material.	15% = 0.15	Manual mediante una pantalla touch.	0.13	Manual mediante una pantalla con teclado numérico.	0.11	Programado con valores estándar.	0.11
Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte.	45% = 0.45	Banda transportadora.	0.30	Actuadores hidráulicos con guías.	0.35	Mixtos (Hidráulicos, y eléctricos).	0.4
Corte del material con la sierra de cinta.	30% = 0.30	Sistema mecánico.	0.20	Sistema hidráulico.	0.28	Sistema electromecánico.	0.25
Extracción del material cortado.	10% = 0.1	Manual.	0.09	Eléctrico.	0.07	Banda transportadora.	0.08
TOTAL	100% = 1		0.72		0.81		0.84

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS EN BASE AL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CORTE

El presente capítulo contiene información acerca de las características de los elementos y componentes del sistema para posicionamiento y corte; así como también información relacionada al análisis de los parámetros vinculados al proceso de corte, información pertinente sobre diseño del sistema y la selección de dispositivos.

3.1. Características de los elementos que forman parte del sistema para posicionamiento y corte

A continuación en las Tabla 23 a la 38, se presentan los elementos que forman parte de los sistemas relacionados al proceso de corte:

3.1.1. Panel de operador

Tabla 23

Touch Panel

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Esquina superior izquierda.	Dispositivo para control y visualización del proceso de corte.	KTP400 a color.

Tabla 24

Selectores

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte inferior.	Elementos de control, especialmente para control del régimen de funcionamiento (Manual/Automático).	Selector de 2 posiciones.

Tabla 25

Pulsadores

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Mitad derecha del panel de operador.	Control del encendido y parada del proceso.	Pulsador NO para el encendido (START) y NC para la detención (STOP).

Tabla 26

Paro de emergencia

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Esquina superior derecha.	Pulsador de emergencia que permite la detención total del proceso en caso de que ocurra un imprevisto.	.Pulsador NC rojo tipo hongo.

Tabla 27

Indicadores luminosos

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte superior derecha del panel de operador.	Elemento que indica el encendido de la máquina.	Luz verde.

Tabla 28

Brazo - Posición del tablero de control

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Lateral izquierda de la máquina.	Contener el cableado y permitir la rotación del mismo.	Físicamente se ubica al lado izquierdo de la máquina.

3.1.2. Sistema para posicionamiento y alimentación del material

Tabla 29

Mordazas hidráulicas

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Carro alimentador.	Toma la pieza a ser cortada y la traslada una distancia pre-establecida hacia el punto de corte.	La apertura y el cierre de la mordaza de la mesa es controlada por otro pistón hidráulico.
2	Zona de corte.	Sujeta la pieza durante el proceso de corte.	La apertura y el cierre de la mordaza de la sierra es controlada por un pistón hidráulico.

Tabla 30

Mesa del sistema para posicionamiento (carro alimentador de material)

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte posterior de la máquina.	Se encarga de contener las piezas a cortar y posicionarlas en la zona de corte.	El desplazamiento de la mesa del carro alimentador lo realiza un pistón hidráulico.

Tabla 31

Cilindros guías

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte posterior de la máquina (Carro alimentador).	Se encarga de soportar el peso de la mesa del carro alimentador y del material a cortar; además de soportar el desplazamiento de la misma, de una distancia pre-establecida hasta la zona de corte.	Eje de Acero Inoxidable AISI 1020 de 2" de diámetro.

Tabla 32

Tornillo sin fin

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte posterior-izquierda de la máquina (Carro alimentador).	Controla la distancia de corte requerida por el operador.	Activación se la realiza con un motor reductor o manual.

Tabla 33

Pistón hidráulico

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Carro alimentador.	Es el encargado de proveer el desplazamiento de la mesa del carro alimentador.	Alimentación Hidráulica.
2	Mordaza de la mesa del carro alimentador.	Abre o cierra la mordaza.	Alimentación Hidráulica.
3	Mordaza de la sierra.	Abre o cierra la mordaza.	Alimentación Hidráulica.

Tabla 34

Rodillos para rodamiento de material

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Mesa de posicionamiento.	Soporta las piezas a cortar y permite su recorrido durante el posicionamiento para el corte.	Eje de acero inoxidable AISI 1020 de 2" de diámetro con bocines de bronce para auto lubricación.

Tabla 35

Topes exteriores

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Entrada del carro alimentador.	Representa el ancho máximo del material a cortar.	-

Tabla 36**Unidades hidráulicas**

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Parte inferior izquierda de la máquina.	Almacena y controla el flujo del fluido hacia los actuadores hidráulicos.	Unidad Hidráulica de la mesa del sistema para posicionamiento.
2	Parte inferior derecha de la máquina.	Almacena y controla el flujo del fluido hacia los actuadores hidráulicos.	Unidad Hidráulica de la sierra.

Tabla 37**Tablero eléctrico**

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Lado posterior derecho junto a la mesa de posicionamiento.	Recibe los datos y señales hacia los dispositivos de control (fines de carrera).	Señales de sensores para el control de los pistones hidráulicos de la mesa del sistema.

Tabla 38**Tablero operador de mando**

Nº	Posición/ubicación	Función	Descripción
1	Lado izquierdo de la máquina.	Permite el ingreso de los parámetros de corte, así como la operación de la máquina.	Posibilidad de giro para mayor facilidad en el control por parte del operador.

3.1.3. Sierra de cinta o sin fin

- Bancada
- Cepillo para limpieza de la sierra
- Tensor de la sierra de cinta
- Cubiertas protectoras
- Sistema de refrigeración
- Cuerpo de la máquina
 - Columna o pedestal, sostiene el eje de movimiento
 - Pistón hidráulico
 - Guías
 - Volante/polea fija
 - Volante/polea móvil
 - Motorización
 - Guías móviles
 - Hoja de la sierra de cinta

- Otros

Los factores más influyentes en la cinta de sierra son:

- Material de composición de la herramienta
- Espesor de la sierra de cinta
- Forma del diente
- Paso del diente
- Altura del diente

3.1.4. Sistema de descarga de material

- Bastidor de salida
- Canastilla porta piezas
- Mordaza de sujeción
- Otros

3.2. Etapas del proceso de corte por serrado o aserrado

Dentro del proceso de corte por serrado se debe considerar que el proceso se puede realizar de forma manual, semi-automática o automática que muestran el grado de automatización de mencionado proceso; por tal motivo el trazado o marcado del punto de corte es fundamental debido a que muestra el lugar o punto en donde se procederá a realizar el corte del material; la diferencia existente entre el grado de automatización viene dado por la forma en que se realizan los pasos previos, durante y posteriores al corte, en la Tabla 39, se presenta un comparativo en el cual se encuentran expresados los siguientes datos:

Tabla 39

Grado de automatización de las etapas del proceso de corte

Etapas del proceso de corte	Grado de automatización de la máquina-herramienta		
	Manual	Semi-automático	Automático
Ingreso (carga) de material.	Manual.	Manual o utilizando mecanismo.	Automático utilizando un sistema de carga.
Salida (descarga) de material.	Manual.	Manual o automático utilizando un sistema de descarga.	Automático utilizando un sistema de descarga.
Trazado del punto de corte.	Manual.	No se define en forma física.	No se define en forma física.
Alimentación del	Manual.	Manual o automático	Automática utilizando un

CONTINÚA 

material a la zona de corte.		utilizando un sistema electromecánico.	sistema controlado para el avance.
Posicionamiento de la dimensión de corte.	Manual usando un tope o realizando la medición con un flexómetro.	Manual o automático utilizando sensores (fines de carrera).	Automático usando sensores (fin de carrera, encoder, sensores inductivos, capacitivos, infrarrojos, ópticos, etc.)
Corte del material.	Manual.	Automático utilizando un equipo electromecánico.	Automático utilizando un equipo electromecánico.
Control de bajada de la sierra.	Manual.	Por gravedad controlando la velocidad de bajada.	Por gravedad controlando la velocidad de bajada.
Control de la subida de la sierra.	Manual.	Manual o utilizando un sistema de elevación.	Automático utilizando un sistema de elevación.
Control del proceso.	Controlado por el operador.	Controlado por el operador o un dispositivo de control.	Controlado por un dispositivo de control, excepto la etapa de ingreso de parámetros de corte e inicialización.
Intervención del operador en el proceso.	Durante todas las etapas del proceso.	Durante algunas etapas del proceso.	Únicamente para el ingreso de los parámetros de corte, ingreso y salida del material.

3.3. Análisis de los parámetros de corte

Para el análisis de cada uno de los parámetros de corte, a continuación se detallan aspectos y definiciones a ser tomadas en cuenta para un mayor entendimiento.

3.3.1. Velocidad

Velocidad de corte: Hace referencia a la rotación de la hoja.

Velocidad de avance: Hace referencia al descenso del cabezal de la cortadora.

3.3.2. Herramienta

Sierra: Se selecciona una sierra de cinta bimetálica, debido a que está diseñada específicamente para cortar perfiles metálicos entre otros materiales.

Las características de la sierra de cinta que se deben analizar para una correcta selección y por ende optimizar los recursos relacionados a los parámetros de corte, entre los parámetros de una cinta de sierra tenemos:

- a) **Anchura:** dimensión del filo posterior a la punta del diente.
- b) **Grosor:** o llamado calibre es la dimensión estrecha de la cinta.
- c) **Trisque:** distancia entre dientes opuestos.
- d) **Paso:** TPI o dientes por pulgada.
- e) **Patrón del trisque:** secuencia de desviación entre dientes.
- f) **Formas del diente:** son combinaciones entre ángulos del diente y forma de la garganta.
- g) **Ángulos de desprendimiento:** inclinación de la cara del diente respecto a la pieza; pueden ser neutro, de desprendimiento positivo o negativo.

Dentro de la industria la selección de las cintas de sierra se las realiza en base a un análisis del material a procesar, características mecánicas de la máquina –herramienta; aunque la más aplicada corresponde al paso (TPI) debido a que los pasos se establecen según las características físicas y composición tanto de la herramienta como del material a cortar.

Para realizar una selección correcta del paso; se debe seleccionar en la escala horizontal la dimensión máxima de la pieza a cortar, una vez realizado esto se debe comprobar en la columna vertical el grosor de la pared y así poder determinar el paso adecuado como se muestra en la Tabla 40. Para realizar un corte más rápido se selecciona el siguiente paso más grande. No es recomendable usar pasos demasiado finos debido a que se pueden sobrecargar las gargantas y los dientes pueden llegar a romperse.

Para realizar cortes en grupos de perfiles o más conocido como corte por fajos, se presentan las siguientes recomendaciones:

1. En perfiles redondos (tubos redondos), se debe doblar la medida de la pared y posteriormente se procede a buscar el paso.
2. En perfiles cuadrados y rectangulares, se debe tomar en cuenta la distancia máxima a cortar en fajos y el espesor combinado de la pared.

En la Figura 8 se muestran algunos ejemplos de perfiles según varias formas comerciales disponibles en el mercado; además se presenta con sus respectivos datos de interés.

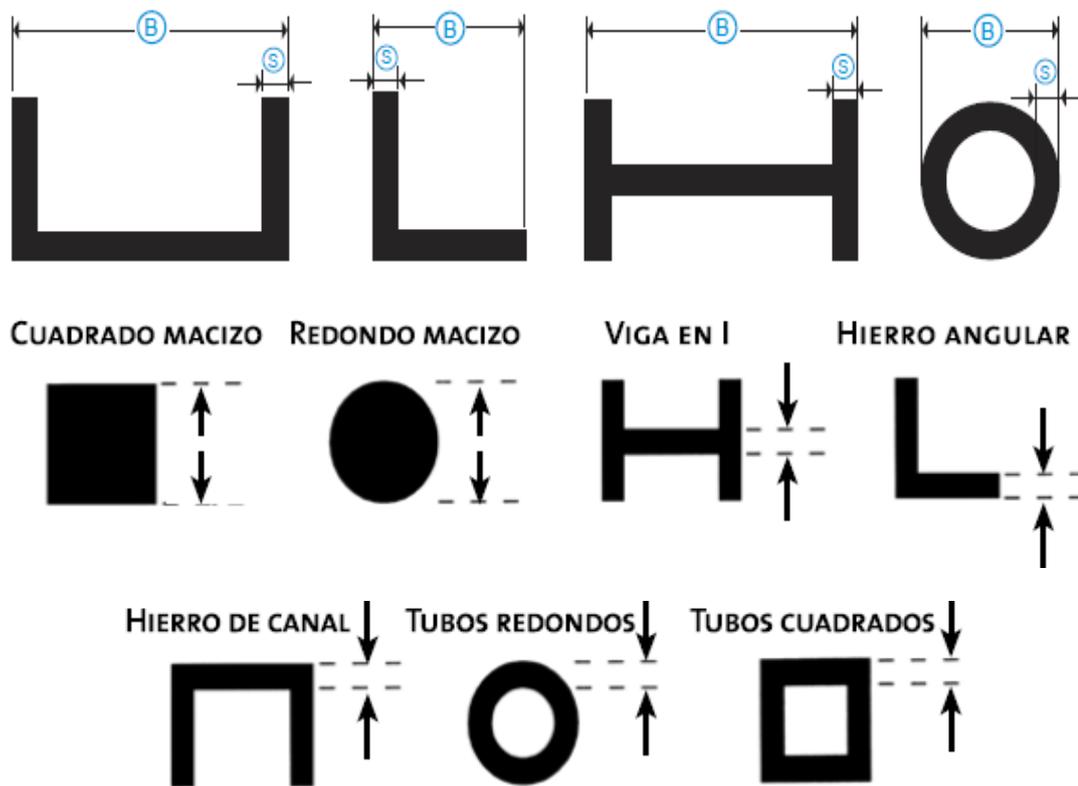


Figura 8. Perfiles metálicos comerciales

En la Figura 9 se muestran algunos ejemplos de la colocación correcta de perfiles metálicos en fajos para poder realizar un corte eficiente.

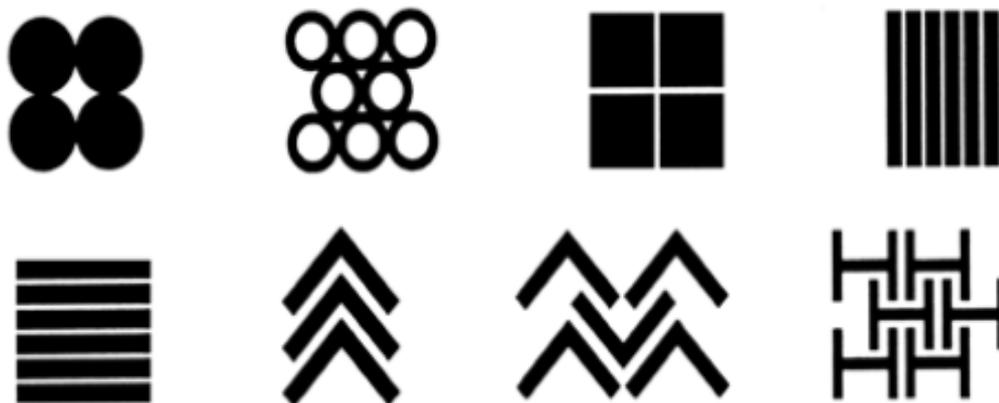


Figura 9. Posiciones para cortar por fajos.

Tabla 40

Paso de una sierra de cinta

Grosor de la pared S mm	TPI (Dientes por pulgada) Dimensión in mm E											
	20	40	60	80	100	120	150	200	300	500	750	1000
2	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	8 - 12	6 - 10	5 - 8	5 - 8
3	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	8 - 12	8 - 12	6 - 10	5 - 8	4 - 6	4 - 6
4	10 - 14	10 - 14	10 - 14	10 - 14	8 - 12	8 - 12	6 - 10	6 - 10	5 - 8	4 - 6	4 - 6	4 - 6
5	10 - 14	10 - 14	10 - 14	8 - 12	6 - 10	6 - 10	6 - 10	5 - 8	4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 - 4
6	10 - 14	8 - 12	8 - 12	8 - 12	6 - 10	6 - 10	5 - 8	5 - 8	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4
8		6 - 10	6 - 10	6 - 10	5 - 8	5 - 8	5 - 8	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	3 - 4
10		6 - 10	6 - 10	5 - 8	5 - 8	5 - 8	4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	3 - 4
12		5 - 8	5 - 8	5 - 8	4 - 6	4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	2 - 3	2 - 3
15			5 - 8	4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	3 - 4	2 - 3	2 - 3	2 - 3
20			4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	3 - 4	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3
30				3 - 4	3 - 4	3 - 4	2 - 3	2 - 3	2 - 3	2 - 3	1,5 - 2	1,5 - 2
50						3 - 4	2 - 3	2 - 3	2 - 3	1,5 - 2	1,5 - 2	1,5 - 2
75								1,5 - 2	1,5 - 2	1,5 - 2	1,5 - 2	1 - 1,5
100									1,5 - 2	1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5
150										1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5
200										1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5

Fuente: (Products)

Elaborado por: DoALL SAWING PRODUCTS

3.3.3. Características de las virutas

Características de las virutas									
Forma de viruta									
Condición	Gruesa, dura, corta	Gruesa, dura, frágil	Gruesa, dura, elástica	Delgada, dura, elástica	Delgada, rizada, elástica	Delgada, recta, elástica	Polvo	Delgada, muy rizada	
Color	Azul o Marrón	Azul o Marrón	Plateada o pajizo claro	Plateada	Plateada	Plateada	Plateada	Plateada	
Velocidad de cinta	Reducir	Reducir	OK	Reducir ligeramente	OK	OK	Reducir	OK	
Fuerza de avance	Reducir	Reducir	Reducir ligeramente	Aumentar ligeramente	OK	Aumentar	Aumentar	Reducir	
Otros	Comprobar fluido de corte y ratio de mezcla	Comprobar fluido de corte y ratio de mezcla	Comprobar correcto paso de cinta	Comprobar correcto paso de cinta				Usar una cinta de paso más grueso	

Figura 10. Tipos y características de virutas

Fuente: (Products)

Una de las formas más comunes de realizar un ajuste de velocidad o tensionamiento de la cinta, es visualizando las viruta producida de un primer corte; esto es debido a que a partir de la forma, color, longitud, etc. Puede definirse una acción a tomar para corregir el proceso de corte y ajustar de forma adecuada los parámetros. En la Figura 10 se describen los tipos de viruta y sus respectivas características.

3.4. Diseño, construcción y modelación de elementos

3.4.1. Sistema mecánico

Dentro de esta sección se analizará únicamente los elementos más relevantes del sistema para posicionamiento y corte como lo son:

- Cilindros guías
- Rodillos horizontales para rodadura

a. Cilindros Guías

a1. Cálculos

Son los elementos principales del sistema para posicionamiento, debido a que son los encargados de soportar la carga de los componentes del sistema; así como del material a procesar. A continuación se presentan los cálculos concernientes al diseño de los ejes para resistencia a cargas estáticas, como se puede observar en la Figura 11.

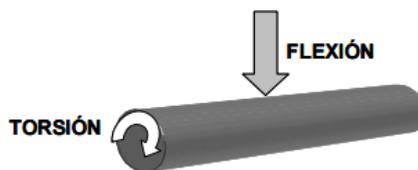


Figura 11. Cargas aplicadas a cilindros guías

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

Los ejes no se ven afectados por una carga torsionante, por lo cual el análisis está orientado estrictamente a una carga de flexión.

$$\sigma_x = \frac{M*d/2}{I} \quad \text{Ec. 1}$$

$$\sigma_x = \frac{32*M}{\pi*d^3} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

$\sigma_x =$ Tensión de flexión.

$M =$ Momento flector en la sección crítica.

$I =$ Momento de inercia transversal del eje $\left(\frac{\pi * d^4}{64} \right)$

$d =$ Diámetro del eje.

Reemplazando los valores se tiene:

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * M}{\pi * (25)^3}$$

$$\sigma_x = 0.016 * M$$

b. Mecanismo husillo – tuerca (tornillo sin fin)

Este mecanismo está constituido por un tornillo (husillo) y una tuerca; dentro de su funcionamiento la tuerca se mantiene fija en tanto que el movimiento giratorio del tornillo produce el desplazamiento longitudinalmente y viceversa como se aprecia en la Figura 12.

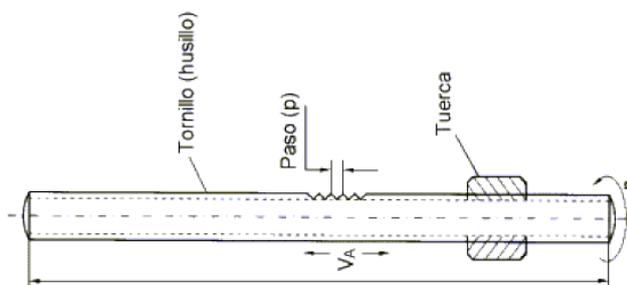


Figura 12. Mecanismo de husillo y tuerca

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

La aplicación de este sistema permite la conversión del movimiento circular del tornillo en rectilíneo de la tuerca. El origen del movimiento del tornillo puede ser de forma automática, proporcionado por un motor o de forma manual mediante el uso de una manivela o volante. La función que cumple este mecanismo es desplazar un tope a la distancia requerida para el corte y de esta manera activar un fin de carrera dispuesto en la mesa del sistema para posicionamiento.

Características:

El husillo de la misma forma que cualquier tornillo se caracteriza por ciertos parámetros como son:

- Forma del diente/tipo de rosca.
- Número de entradas (e) o filetes
- Paso de la rosca (p)

b1. Cálculos

Un tornillo sin fin es un elemento de sección circular que transmiten un momento de giro y además pueden llevar montados distintos elementos mecánicos de transmisión de potencia como engranajes, poleas, volantes, etc.

Al eje se transmite una velocidad de giro máxima de un motor de 1630 rpm con caja reductora con relación de 140:11 proporcionada por un motor marca LAFERT de 0.18 kw a 60Hz posteriormente aplicando una transmisión por banda con relación 1:1.

Dado a que la potencia del motor es de 0.18 KW.

$$P = 0.18 \text{ KW} = 180 \text{ W}$$

El torque generado por el motor está determinado por:

$$T = 9550 \left(\frac{P}{N} \right)$$

Ec. 3

Dónde:

T = Torque

P = Potencia del motor

N = Revoluciones por minuto

$$T = 9550 \left(\frac{180 \text{ W}}{1630} \right)$$

$$T = 1054.60 \text{ [N.m]}$$

$$T = 1.054 \text{ [KN.m]}$$

Avance:

$$A = p \cdot e$$

Ec. 4

Velocidad de avance (Va):

$$V_a = A \cdot n = p \cdot e \cdot n$$

Ec. 5

Dónde:

n= velocidad de giro

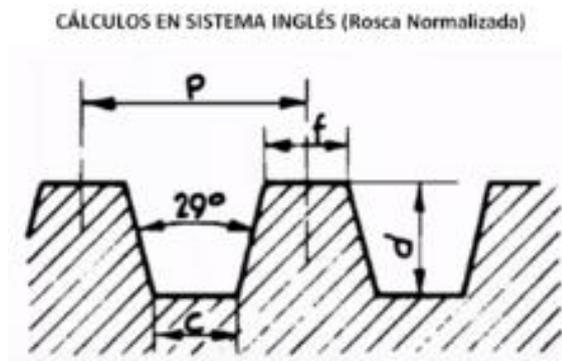
Tiempo que tarda la tuerca en recorrer una distancia (l):

$$V_a = l / t$$

Ec. 6

$$t = l / V_a$$

Ec. 7

Rosca ACME**Figura 13. Rosca normalizada – Rosca ACME**

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008)

N= número de hilos

P= paso del tornillo

$$d = \frac{P}{2} + 0.01''$$

Ec. 8

$$C = (0.307 * P) - 0.005''$$

$$f = 0.307 * P$$

Cálculo para una rosca ACME de 1.5'' de diámetro y 4 hilos por pulgada:

$$n = 4$$

$$p = \frac{1}{4} = 0.25''$$

$$d = \frac{0.5}{2} + 0.010 = 0.135$$

$$c = (0.307 * 0.25) - 0.005 = 0.07175''$$

$$f = (0.307 * 0.25) = 0.07675$$

Par o torque en un motor reductor

$$T = \frac{\text{Potencia (HP)} \times 716}{\text{Velocidad de giro de la fleca del motorreductor (rpm)}} \quad \text{Ec. 9}$$

$$T = \frac{0.24 \text{ HP} \times 716}{1630 \text{ rpm}} \text{ [kg - m]}$$

$$T = 0.105 \text{ [g - m]}$$

Relación de reducción en un motor

$$\text{Reducción} = \frac{\text{RPM (salida nominal del motor)}}{\text{RPM (requeridas a la salida)}} \quad \text{Ec. 10}$$

$$\text{Reducción} = 140:11 = 12.72$$

Velocidad de salida de un reductor

$$\text{RPM (requeridas - salida)} = \frac{\text{RPM (salida nominal del motor)}}{\text{Reducción}} \quad \text{Ec. 11}$$

$$\text{RPM (requeridas - salida)} = \frac{1630 \text{ RPM}}{12.72}$$

$$\text{RPM (requeridas - salida)} = 128 \text{ RPM}$$

NOTA: Los valores tanto de potencia del motor; así como de relación de reducción que no existan comercialmente, deberán ser reemplazados por los más cercanos existentes comercialmente.

c1. Diseño CAD

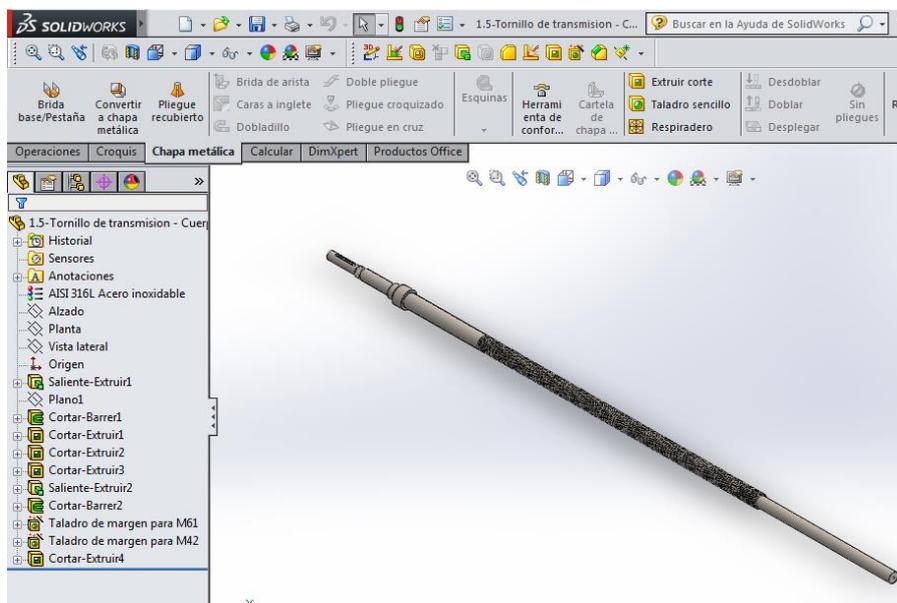


Figura 14. Tornillo sin fin

3.4.2. Sistema hidráulico

Conformado por bombas, actuadores, mangueras, accesorios, válvulas, entre otras; a continuación se analizan algunos de ellos.

a. Sistema de enfriamiento

El diseño de un sistema de enfriamiento comprende en primer lugar el dimensionamiento de la bomba tomando en consideración el caudal de la misma; así como el tipo de refrigerante a utilizar. Partiendo de estos parámetros dentro del diseño se tomará en cuenta otros factores como la alimentación eléctrica, potencia requerida; además del dimensionamiento de tubos, accesorios, válvulas que constituyen el sistema en sí. Todo el diseño es desarrollado con la premisa de que exista recirculación del líquido refrigerante, donde una vez filtrado nuevamente vuelve a circular.

Dentro de los parámetros necesarios para el dimensionamiento de la bomba se tienen:

- Caudal: 70 Lt/min a 2 metros
- Potencia máxima: 0.24 KW
- RPM: 2800
- Refrigerante: Taladrina semi-sintética

En la Figura 15 se detalla la constitución de un sistema de enfriamiento.

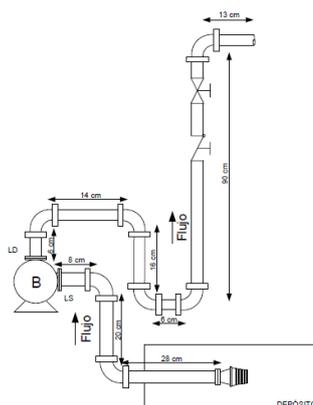


Figura 15. Diagrama del sistema de enfriamiento

Fuente: (Denezhni, 1978)

En la Tabla 41 se describen los componentes tanto de la parte de succión como de descarga.

Tabla 41

Componentes de las líneas de succión y descarga

Componentes	Línea	Cantidad
Tubería	Succión	1.5 (m)
Acople de 1" a 3/4"	Succión	1
Acople de 4 canales de 1" a 3/4"	Succión	1
Tubería	Descarga	5 (m)
Acople de 1" a 1/2"	Descarga	3
Válvula de bola	Descarga	4

Pérdidas de energía (h_L)

En un sistema hidráulico se producen por la fricción que ejerce el fluido en el interior de las tuberías, en el sistema de enfriamiento se debe al transporte del líquido refrigerante desde el depósito de almacenamiento a la bomba y desde este al material a cortar. También existen otras pérdidas menores las mismas que son producidas por las válvulas y otros accesorios. Se deben tomar en cuenta para evitar que estas pérdidas afecten la potencia de la bomba.

3.5. Selección de dispositivos y equipos

La selección de dispositivos es parte fundamental en la realización de un diseño y automatización, debido a que depende de varios factores como el

económico, funcionalidad, disponibilidad de espacio físico, constitución de la máquina previa al rediseño, entre otras. Las cuales deben ser tomadas en cuenta y para ello se aplica la función de la calidad (casa de la calidad) revisada en el capítulo 2. La presente selección de dispositivos está clasificada por los sistemas que componen la máquina, los cuales son mecánico, hidráulico, eléctrico y de control.

3.5.1. Sistema mecánico

a. Selección de la herramienta

A continuación se mencionen algunos parámetros que deben ser tomados en cuenta para la selección de la herramienta:

Anchura: Para mayor rapidez y precisión seleccionar la cinta más ancha posible (según su máquina).

Grosor: Elegir la más delgada para una vida más larga.

Para cortes rectos con mucha fuerza de avance se debe seleccionar una más gruesa.

Trisque: En la mayoría de las aplicaciones seleccione el trisque estándar.

Para evitar atrapamientos en metales muy duros y perfiles grandes se debe seleccionar un trisque más ancho.

Paso: Para materiales de corte rápido utilice una cinta de paso único el cual tiene un espaciado de dientes regular.

Una cinta multi paso tiene un espaciado variable el mismo que combina pasos de dientes gruesos y finos.

Patrón de trisque: Existen tres tipos, cada uno esta aplicado a una tarea y material específico:

- Trisque raker se utiliza para cortar metales ferrosos y tenaces.
- Trisque recto se utiliza para cortar metales fáciles de mecanizar y no metales.
- Trisque raker recto se utilizar en todas las cintas multi paso.

Forma de los dientes: Se debe elegir precisión para la mayoría de cortes con sus respectivas aplicaciones.

- Claw se utiliza para aumentar la solidez de la cinta y la penetración.

- Buttress se utiliza para aplicaciones relacionadas a la madera.

Ángulo de desprendimiento:

- Neutro se aplica para la mayoría de piezas menores a 50mm de ancho.
- Desprendimiento positivo se aplica en piezas anchas difíciles de penetrar.

Desprendimiento negativo se aplica en materiales de cementación.

A continuación se presentan algunos tipos de cinta de sierra con sus respectivas características y aplicaciones.

1. Tipo: SILENCER GP

Características:

- Diente HSS M42.
- Ángulo neutro.
- Variedad de medidas y pasos disponibles.

Ventajas

- Dientes fuertes y resistentes al desgaste (vida útil mayor).
- Aplicado a máquinas pequeñas con longitudes de cinta cortas.

Aplicaciones

- Corte de metales como:
- Tubería (tubos)
- Perfiles
- Macizos de sección pequeña (como ejes de diámetros pequeños)

2. Tipo: SILENCER PLUS

Características:

- Diente HSS M42.
- Dientes con ángulo positivo.
- Diente con forma especial.

Ventajas

- Agresiva

- Resistente al desgaste
- Multiuso
- Variedad de pasos de trisquel ancho para mayor desahogo de la cinta.

Aplicaciones

- Multiuso para el corte de todos los metales en:
- Tubería (tubos)
- Perfiles
- Fajos
- Macizos

3. Tipo: STRUCTUR ALL

Características:

- Diente HSS M42.
- Diente con ángulo positivo
- Perfil de diente rectificado
- A prueba de vibración extrema

Ventajas

- Corte controlado
- Corte suave en materiales no macizos
- Dientes resistentes al desgaste (agrietamiento y mayor vida de la cinta).

Aplicaciones

- Corte de metales como:
- Tubería (tubos)
- Perfiles, sean individualmente o en fajos.

Nota: Debido a disposición de la fábrica, únicamente se utiliza dos tipos de cintas de sierras: de diente fino (perfiles huecos, de pared delgada o pequeños) y de diente grueso (perfiles de pared ancha, sólidos o de gran tamaño). Basándose en el tipo de material disponible de perfilería se hace más uso de cintas de sierra de paso fino.

b. Mordazas De Apriete

La utilización de elementos de amarre o apriete son esenciales en el proceso de mecanizado; puesto que permite la obtención de productos de calidad, a continuación en la Tabla 42 se mencionan ciertos parámetros tomados en cuenta para la selección de los elementos de amarre, así como el respectivo análisis a ser analizado.

Tabla 42

Selección de elementos de ajuste

Parámetro	Análisis
Asegurar la fijación de la pieza	Mecánico / fuerzas de apriete y fijación
Facilitar el control de entornos automatizados	Determinación de fuerzas de apriete máximas y mínimas
Acabado superficial	Evitar daños por ajuste
Exactitud en el desplazamiento	Evitar desplazamiento durante la operación de corte.

3.5.2. Sistema hidráulico

a. Selección de la bomba del sistema de refrigeración

Como se puede ver en la Figura 16, y con las características de la Tabla 42 se seleccionó este tipo de bomba.



Figura 16. Bomba del sistema de refrigeración.

Fuente: (L. Norton, 2009)

Características:

Amarre vertical para depósitos de posición horizontal.

Salida del líquido:

Salida del fluido refrigerante por la parte inferior de la brida de sujeción.

Montaje:

Sujeción mediante pernos y tuercas.

Tabla 43**Datos técnicos de la bomba del sistema de refrigeración**

Marca	KW	RPM	L/MIN	HZ	V	A
BOSTAK	0,24	2800	70 (a 2 m)	50	220 V 380 V	0,65 A 0,37 A

Dependerá directamente del caudal necesario y de la potencia de la bomba; para ello se aplican las siguientes fórmulas:

$$Q = l / \text{min} = 70 \text{ l/min}$$

$$P = 0.24 \text{ KW} = \left(\frac{0.24 \text{ KW}}{0.745 \text{ KW}} * 1 \text{ HP} \right)$$

$$P = 0.322 \text{ HP}$$

Nota: Dada la existencia de una bomba eléctrica centrífuga semi-sumergible; se implementó en la máquina para disminuir costos.

b. Selección de tubos hidráulicos flexibles (mangueras hidráulicas)

También conocidos como mangueras hidráulicas, requieren resistir alta presión; así como brindar seguridad frente a posibles roturas producidas por sobrepresiones, golpes, mal uso o incorrecta implementación; algunos de los criterios a tomar en cuenta para esta selección son:

- **Fluido:** Debe resistir la presión generada por la mayoría de aceites hidráulicos estándar disponibles para uso en máquinas-herramientas.
- **Presión máxima de servicio:** se debe a las aceleraciones y desaceleraciones las cuales producen crestas de presiones durante los ciclos de trabajo, por ello se analiza para un funcionamiento constante e intermitente.
- **Radio de doblado:** deben ser respetados debido a que influye directamente con la longitud del tubo flexible.

Para evitar pandeo en los terminales deben conectarse los extremos directamente para ello se verifica el tipos de utilización sea esta estática o

flexible como se puede observar en la Figura 17; en tanto que en la Figura 18 se muestra las posiciones correctas para el montaje de las mangueras hidráulicas.

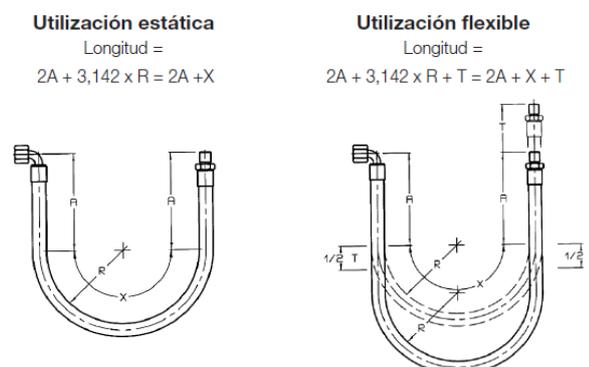


Figura 17. Modo de utilización de mangueras hidráulicas.

Fuente: (L. Norton, 2009)

Dónde:

R = radio mínimo de doblado y se mide al interior de la curva.

T = corresponde al movimiento.

Las longitudes mínimas detrás de los terminales se establecen mediante la siguiente tabla.

Tabla 44

Paso y longitudes en mangueras hidráulicas

Paso nominal del tubo flexible DN (mm)	6	8	10	12	16
Longitud mínima A (mm)	100	110	120	130	140

Montaje de tubos hidráulicos flexibles:

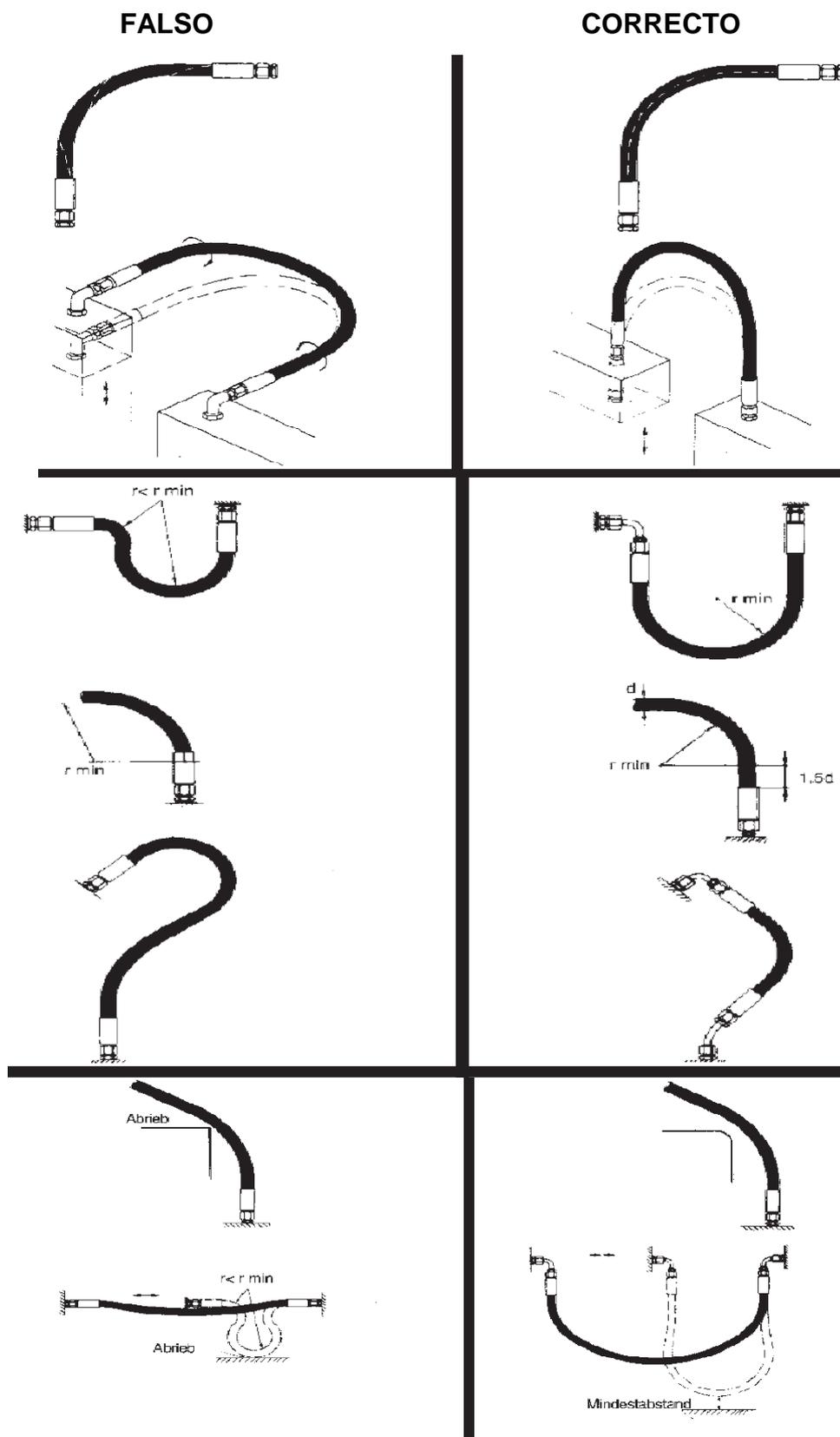


Figura 18. Montaje de mangueras flexibles

Fuente: (CZEKAJ, 1988)

En la primera parte de la imagen se refiere a que se tienen que evitar las torsiones de los tubos y en zonas en movimiento se debe hacer un montaje correcto.

En la segunda parte hace referencia a evitar radios demasiado pequeños utilizando terminales apropiados, no se deben doblar más de $(1,5 \times d)$ luego de la fijación.

En la última parte la referencia es hacia evitar el contacto con objetos que pueden causar rozaduras o deterioros, si el tubo se mueve durante su uso, es necesario tomar en cuenta su longitud.

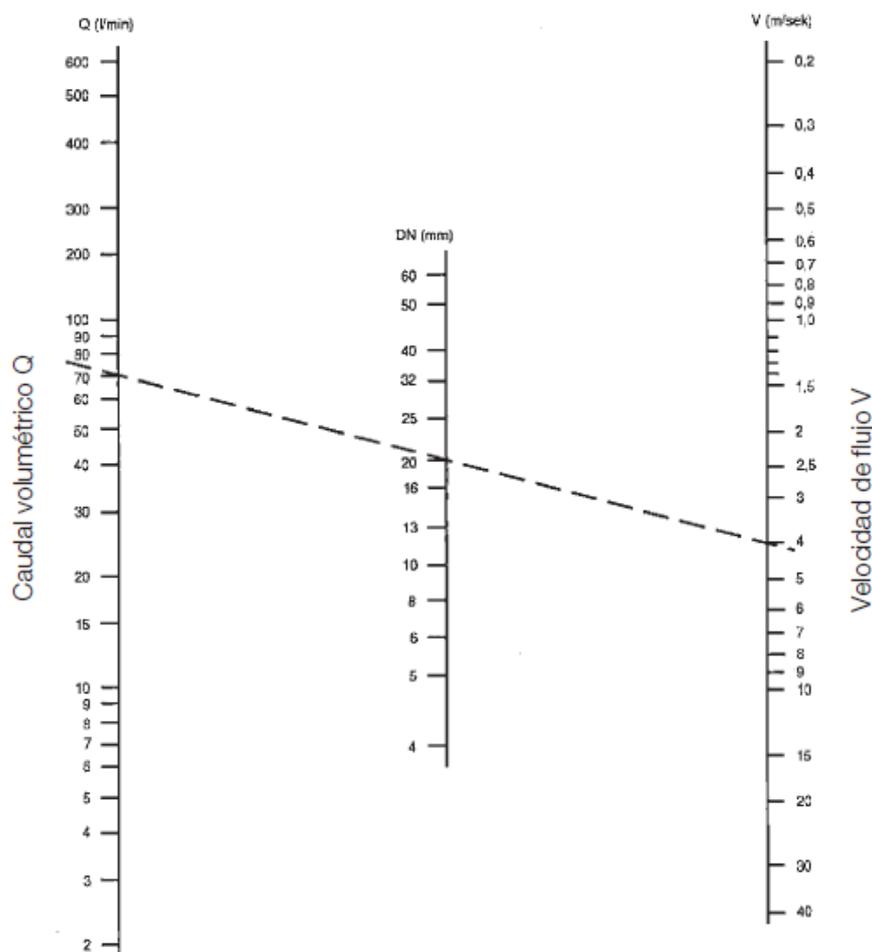


Figura 19. Nomograma para determinar el paso nominal DN de tubos flexibles

Fuente: (CZEKAJ, 1988)

Uniendo los valores de caudal (Q) y la velocidad de flujo (v) se obtiene el paso nominal, se debe seleccionar el diámetro normalizado superior.

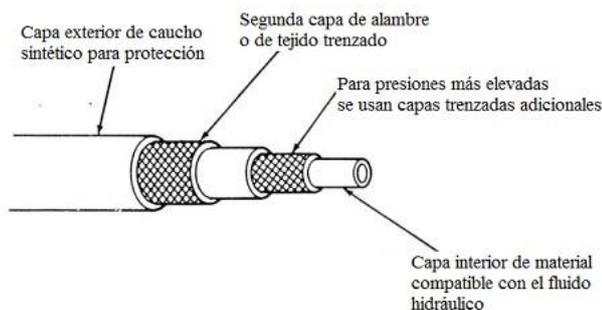


Figura 20. Composición de una manguera flexible hidráulica

Fuente: (CZEKAJ, 1988)

Un parámetro calculable a tomar en cuenta para seleccionar una manguera flexible es sin lugar a duda el factor de seguridad (F_s); en la siguiente tabla 46 se especifica un rango de valores:

Tabla 45

Factor de seguridad (F_s) en mangueras flexibles

Factor de Seguridad en mangueras flexibles, F_s	
Presión de servicio, en bares	F_s
De 0-70	8
De 70-175	6
> 175	4

Mediante la siguiente ecuación se puede hacer el cálculo de este factor:

$$F_s = \frac{\text{Presión de rotura}}{\text{Presión de funcionamiento}} \quad \text{Ec. 12}$$

Dado a que la presión de servicio se encuentra entre el rango de 0 a 70 bar; el factor de seguridad es de 8. Reemplazando los datos se tiene:

$$\text{Presión de funcionamiento} = 50 \text{ bar}$$

$$F_s = 8$$

$$\text{Presión de rotura} = (F_s) * (\text{Presión de funcionamiento})$$

$$\text{Presión de rotura} = (8) * (50 \text{ bar})$$

$$\text{Presión de rotura} = 400 \text{ bar} \approx 5800 \text{ psi}$$

c. Válvulas

Son elementos de regulación, control y mando de la circulación del fluido hidráulico; existen de varios tipos como lo son: direccionales, de seguridad, de flujo, de alivio, de bloqueo, de cierre, entre otras.

Dentro de las cuales se están utilizando, válvulas de seguridad, anti retorno, de paso (válvulas de bola), electroválvulas; como se pueden ver en las figuras 21, 22 y 23.



Figura 21. Válvula para control de la presión de corte



Figura 22. Válvulas tipo bola para paso de refrigerante hacia la cinta durante el corte



Figura 23. Válvula tipo bola para limpieza de la máquina

d. Selección de los actuadores

Los actuadores son los encargados de realizar las tareas dentro del sistema, debido a ello poseen características propias acorde a su localización y tarea asignadas, en la tabla 47 se información relacionada al funcionamiento de los cilindros hidráulicos.

Tabla 46

Características de funcionamiento de los cilindros hidráulicos

CARACTERÍSTICAS		FUNCIONAMIENTO	
		Cilindro de simple efecto	Cilindro de doble efecto
Avance		Una sola dirección	Dirección 1 por la vía A
Retroceso		Por acción de un muelle	Dirección 2 por la vía B (contraria)
Generación de fuerza		Una sola dirección	Ambas direcciones
Tiempos de desplazamiento	de	No definibles debido a la acción del muelle en el retroceso	Definibles y repetibles
Seguridad en el funcionamiento	en el	Fallos por la ruptura del muelle	Elevada debido al doble control en el accionamiento

- **Volumen de aceite necesario para la carrera de un pistón**

Este valor se calcula mediante la superficie efectiva del pistón A y la carrera del pistón requerida, para ello se aplican las siguientes fórmulas:

Volumen del cilindro en general:

$$V[cm^3] = A[cm^2] * carrera[cm] \quad \text{Ec. 13}$$

$$V[cm^3] = 5[cm^2] * 50[cm]$$

$$V[cm^3] = 250[cm^3]$$

Volumen del cilindro del lado del pistón V_K

$$V_K [cm^3] = d_K^2[cm^2] * \frac{\pi}{4} * carrera[cm] \quad \text{Ec. 14}$$

$$V_K [cm^3] = 25[cm^2] * \frac{\pi}{4} * 50[cm]$$

$$V_K [cm^3] = 981.25[cm^3]$$

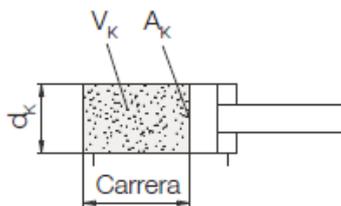


Figura 24. Volumen de un cilindro hidráulico

Volumen del cilindro del lado del vástago del pistón V_{St}

$$V_{St} [cm^3] = (d_k^2 - d_{St}^2) [cm^2] * \frac{\pi}{4} * carrera [cm]$$

Ec. 15

$$V_{St} [cm^3] = (25 - 9) [cm^2] * \frac{\pi}{4} * 50 [cm]$$

$$V_{St} [cm^3] = 628 [cm^3]$$

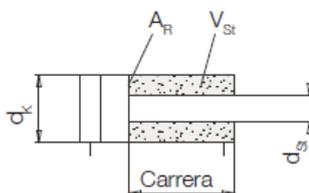


Figura 25. Carrera de un cilindro

e. Depósito Hidráulico

También conocido con el nombre de tanque hidráulico, dentro del sistema hidráulico cumple con varias funciones; entre las cuales están:

- Almacenar el fluido hidráulico que accionará los actuadores del sistema.
- Disipar el calor del aceite en su interior.
- Almacenaje de las partículas y contaminantes arrastradas dentro del circuito hidráulico.
- Ayuda a la evaporación del agua que puede contener el aceite.

f. Selección del refrigerante

El fluido refrigerante es esencial en toda operación de mecanizado, debido a que contribuye con el mantenimiento de la herramienta y también alarga su tiempo de vida; además de proteger el material a cortar de efectos térmicos. Existen dos alternativas muy conocidas como lo son:

- A. Taladrina semi-sintética
- B. Taladrina sintética

Tabla 47**Matriz de ponderación del refrigerante**

Aspectos	Ponderación	Alternativas	
		A	B
Disponible comercialmente	10	10	8
Estabilidad	5	4	5
Índice de viscosidad	5	4	4
Precio	10	9	7
Riesgo para la salud	5	3	4
Total	35	30	28

De la anterior tabla se puede observar que es más beneficiosa la opción A, debido a varios factores, cabe recalcar que dentro de la empresa se utiliza este tipo de taladrina por lo que no amerita mayor selección, por su disponibilidad dentro de las instalaciones de la empresa.

3.5.3. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico es el encargado de controlar:

- Fines de carrera (controlar distancias y conteos).
- Control del funcionamiento de la bomba.
- Control del funcionamiento del motor de la sierra de cinta.
- Control del motor del cepillo limpia virutas.
- Control del variador de frecuencia.

a. Selección de puentes rectificadores

Un puente rectificador permite convertir la corriente alterna en corriente continua, inicialmente depende de la alimentación en corriente alterna debido a que puede ser trifásica o monofásica.

- Rectificador Monofásico
- Rectificador Trifásico

Dentro del sistema eléctrico existe uno que abastece la energía (28V) para alimentar los relés de control.

b. Selección de borneras

Estos elementos ayudan a la distribución de energía, nomenclatura y distribución de elementos dentro de tablero eléctrico y del tablero operador de mando, permitiendo mantener el orden así como la fácil interpretación de cada conexión con sus respectivos elementos lo cual facilita las tareas de mantenimiento y revisiones de los elementos.

c. Selección de canaletas y rieles

Elementos indispensables en un tablero eléctrico debido a que además de proporcionar protección del cableado interno de agentes perjudiciales como humedad, polvo, temperatura, entre otros; así también una faceta importante es brindar una estética al tablero lo cual permite un correcto orden de los elementos y dispositivos internamente.

Los rieles DIN ofrecen el soporte mecánico necesario para el montaje de todos los elementos, permitiendo un fácil y rápido desmontaje de los elementos colocados en ella.

3.5.4. Sistema de control**a. Selección del controlador**

Un controlador tiene la función de operar las variables tanto en entrada como en salida cumpliendo un ciclo de trabajo programado, para ello debe cumplir con los requerimientos de la máquina a operar; algunos de los parámetros a analizar para su selección son:

- Disponibilidad en el mercado
- Costo
- Tipos de entradas y salidas
- Número de entradas y salidas
- Velocidad de respuesta
- Versión del CPU
- Software de programación
- Confiabilidad del producto
- Compatibilidad con los equipos

- Controlar el funcionamiento total de la máquina sea en modo manual o automático.
- Tomar datos de los sensores.
- Activar contactores y relés de control.
- Ejecutar la programación de control.
- Voltaje de alimentación 110/200 VAC.
- Puerto de comunicación industrial Profibus DP.
- Programación mediante TIA Portal V13.

Las marcas de los controladores lógicos programables (PLC) que ofrece el mercado nacional están descritas en la tabla 49 y son:

- A) SIEMENS
- B) ALLEN BRANDLEY
- C) TELEMECANIQUE

Tabla 48

Matriz de ponderación del Controlador Lógico Programable

#	Aspecto	Ponderación (1-10)	ALTERNATIVAS		
			A	B	C
1	Disponibilidad	10	10	9	9
2	Costo	10	10	9	8
3	Tipos de entradas y salidas	10	10	10	9
4	Número de entradas y salidas	10	10	9	10
5	Velocidad de respuesta	10	8	9	10
6	Tecnología	10	9	9	9
7	Software de programación	10	10	10	9
8	Confianza del producto	10	10	10	10
9	Compatibilidad	10	10	8	9
Puntuación total		90	87	83	83

De la tabla 49 la alternativa seleccionada corresponde a la opción A (PLC marca SIEMENS), la cual cumple con los aspectos analizados por lo cual los requerimientos se encuentran cubiertos apropiadamente.

El controlador seleccionado es el PLC S7-1200 con una CPU 1214C AC/DC/Relé, en la figura 26.

- **CPU 1214C**
 - Alimentación 85-264 VAC
 - Simatic S7-1200
 - DI 14 x 24VDC
 - DQ 10 x RELAY
 - AI 2 x 10 BIT
 - Referencia: 6ES7 214-1BG40-0XB0



Figura 26. PLC S7-1200, CPU 1214C, AC/DC/Relé

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

b. Módulos de expansión de entradas y salidas digitales

- **Módulos de entradas digitales** (ver figura 27)
 - Módulo de expansión
 - Simatic S7-1200
 - SM 1221
 - DI 8 x 24 VDC
 - Referencia: 6ES7 221-1BF32-0XB0



Figura 27. Módulo de entradas digitales, SM 1221, DI 8 x 24 VDC

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

- **Módulos de salidas digitales** (ver figura 28)
 - Módulo de expansión
 - Simatic S7-1200
 - SM 1222
 - DQ 8 x 24 VDC
 - Referencia: 6ES7 222-1BF32-0XB0



Figura 28. Módulo de salidas digitales, SM 1222, Dq 8 x 24 VDC

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

- **Módulos de salidas analógicas** (ver figura 29)
 - Módulo de expansión
 - Simatic S7-1200
 - SM 1232
 - AQ 2 x 14 BIT
 - Referencia: 6ES7 232-4HB32-0XB0



Figura 29. Módulo de salidas analógicas, SM 1232, AQ 2 x 14 BIT

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

c. Batería – LOGO! POWER (ver figura 30)

- Entrada:
 - AC 100-240V
 - 1,22-0,66^a
 - 50-60Hz

- Salida:
 - DC 24V
 - 2,5 A
- Referencia: 6EP1332-1SH43



Figura 30. Fuente LOGO! POWER

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

d. Touch panel / HMI (ver figura 31)

- Basic Panel
- KTP 400 BASIC PANEL
- A color
- Referencia: 6AV2 123-2DB03-0AX0

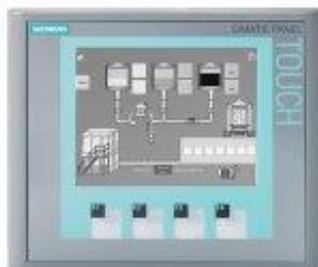


Figura 31. Touch Panel (HMI) - KTP 400

Fuente: (Masvoltaje, 2016)

e. Selección de contactores

Los contactores tienen la tarea de arrancar e invertir el sentido de giro de: motores, activar las bombas de las unidades hidráulicas; los dispositivos y equipos que van a ser activados con los contactores son:

- Motor de la sierra
- Motor del cepillo limpia-viruta

- Motor con caja reductora (140:11) para control de distancia con el tornillo
- Bomba de la Unidad Hidráulica de la sierra
- Bomba de la Unidad Hidráulica de la mesa
- Bomba del sistema de refrigeración
- Activación de los relés de control

Las características de un contactor de fuerza son:

- Marca
- Modelo
- Tipo de montaje
- Intensidad máxima de operación
- Voltaje de la bobina (trabajo)
- Número de operaciones eléctricas

Dentro del mercado existen varias marcas de fabricantes que ofrecen este producto; por lo cual a continuación se detalla una matriz de ponderación acerca de la selección, en la tabla 50 se presenta la matriz de ponderación para la correspondiente selección. Es importante recalcar algunos aspectos a ser analizados para realizar una correcta selección dentro de los cuales se ha tomado en consideración:

- Disponibilidad en el mercado
- Precio
- Vida útil
- Alimentación eléctrica
- Confianza en el producto
- Otras

Dentro de las marcas que ofrecen estos productos están las siguientes alternativas:

- A) WEG**
- B) CAMSCO**
- C) LS**

Tabla 49

Matriz de ponderación de contactores

Nº	Aspecto	Ponderación (1-10)	ALTERNATIVAS		
			A	B	C
1	Disponibilidad	10	10	9	9
2	Costo	10	10	9	10
3	Vida útil	10	10	10	9
4	Alimentación	10	10	10	10
5	Confianza en el producto	10	10	10	9
6	Otras	10	9	9	9
Puntuación total		60	59	57	56

La marca seleccionada es la opción A correspondiente a la marca WEG; cabe mencionar que la máquina tiene contactores marca KLOCKNER-MOELLER en uso, los cuales por pedido de los dueños se están utilizando para minimizar costos; además se verificó su correcto funcionamiento.

f. **Guardamotores**

La función principal de este tipo de relés es proteger los motores y las bombas cuando se genere una sobrecarga. De la misma forma que los relés de potencia o fuerza; los relés térmicos poseen características y aspectos que deben ser analizados para una correcta selección, tales como:

- Disponibilidad en el mercado
- Costo
- Rangos de ajuste de corriente
- Tipo de disparo
- Confianza en el producto
- Capacidad de los contactos

En la tabla 51 se describe la matriz de ponderación con las alternativas más comunes y disponibles en el mercado local, las cuales corresponden a las siguientes marcas:

- A) WEG
- B) CAMSO
- C) MEC

Tabla 50

Matriz de ponderación de relés térmicos

Nº	Aspecto	Ponderación (1-10)	ALTERNATIVAS		
			A	B	C
1	Disponibilidad	10	10	9	9
2	Costo	10	10	9	10
3	Rangos de ajuste de corriente	10	10	9	9
4	Tipo de disparo	10	10	10	10
5	Confianza en el producto	10	CONTINUA	9	9
6	Capacidad de los contactos	10	9	9	10
	Puntuación total	60	58	56	57

La marca seleccionada es la opción A correspondiente a la marca WEG; cabe mencionar que la máquina tiene guardamotores PKZM en uso, los cuales por pedido de los dueños se están utilizando para minimizar costos; también se verificó su correcto funcionamiento.

g. Selección de relés de control

Tienen la finalidad de realizar el control de las solenoides de las electroválvulas; así como de la activación de los contactores de potencia que controlan las unidades hidráulicas, motores y bombas de la máquina, estos relés se encuentran disponibles del anterior circuito y se procedió a utilizarlos nuevamente, cabe destacar que se encuentran divididos en cuatro bloques con cuatro relés cada uno los mismos que se encuentran operando correctamente.

h. Selección de las borneras de conexión

La selección de estos dispositivos se determina mediante las características de los equipos, por ello se consideran determinados factores que facilitan la correcta selección de los mismos; entre los factores a analizar se encuentran:

- Disponibilidad en el mercado
- Costo
- Tiempo de vida útil

- Capacidad de conexión
- Tipo de montaje
- Seguridad en la conexión

Las borneras a utilizar tienen la disponibilidad de acoplarse a una DIN las cuales brindan una buena estética y confiabilidad en su funcionamiento.

i. Selección de canaletas y rieles

Canaletas

Para la selección de estos elementos, se tomó en cuenta varios aspectos relacionados con la disponibilidad, el precio, desgaste y calidad. Una característica importante del tipo de canaleta a utilizar es que estas sean ranuradas lo cual permite a los cables pasar e ingresar dentro de la canaleta y de ser necesario cambiar su posición o retirar para realizar un cambio o modificación en el cableado. Se utilizó las canaletas disponibles en la bodega de la empresa.

Rieles DIN metálicas simétricas

Tienen una medida de 35mm lo cual permite el montaje de dispositivos tales como controlador, fuente, módulos de expansión del controlador, porta fusibles, contactores, relés, borneras, entre otros.

j. Selección de pulsadores

Los pulsadores son uno de los elementos primordiales dentro de un panel operador debido a que desempeñan la comunicación entre operador y máquina; además mediante los cuales se pueden controlar las acciones y movimientos permisibles programados.

Dentro del stock de la empresa se puede disponer de estos componentes en la Schneider.

k. Selección de los cables eléctricos

Para la alimentación eléctrica de los dispositivos tales como sensores, bobinas de los contactores, conexiones del PLC, entre otros; por tal motivo se ha seleccionado un cable conductor número 16 AWG para la parte de control y 12 AWG para para parte de potencia.

3.6. Detalles constructivos

3.6.1. Opciones programables e información del panel operador de mando

- Longitud de corte
- Número de cortes programados
- Número de cortes realizados
- Velocidad de corte
- Mando manual o automático
- Mensajes de alerta, alarmas e información del proceso de corte
 - Puertas abiertas
 - Falta de material
 - Tiempo de la cinta
 - Velocidad de corte
 - Paro de emergencia accionado
 - Reajuste de la posición del rodillo intermedio de rodadura manualmente para una mayor longitud de corte
 - Proceso de corte iniciado
 - Sistema de posicionamiento activado – Alimentando material
 - Proceso de corte finalizado
 - Retire el material cortado de la zona de descarga

3.6.2. Parte mecánica

- Rigidez estructural mediante una robusta bancada.
- Mesa de posicionamiento.
- Precisión en el avance de carga del material mediante la aplicación de un tornillo sin fin y accionado por un pistón hidráulico.
- Movimiento del carro alimentador sobre guías cilíndricas con cojinetes de alta precisión.
- Mordaza de avance de carga desplazables sobre guías cilíndricas con cojinetes de precisión.
- Camino de rodillos de 1m de longitud y con capacidad para soportar grandes pesos como perfiles metálicos sólidos.

Dientes por pulgada (DPP)

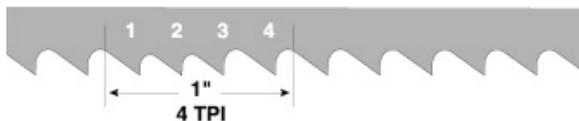


Figura 32. Dientes por pulgada de una sierra de cinta

Fuente: (Denezhni, 1978)

El número de dientes por pulgada (DPP) define el paso de la hoja y puede variar de 1 a 24. Para seleccionar el tipo de sierra con el número de dientes por pulgada adecuado depende del espesor del material a cortar; así se menciona que:

- Para su utilización en perfiles metálicos los cuales poseen paredes delgadas; se requieren dientes pequeños para evitar que sufran daños o roturas.
- Para cortes transversales de grandes piezas se utiliza un paso mayor (menos DPP)
- En tanto menos dientes haya, la capacidad de corte es mayor, debido a que la capacidad de penetración de cada diente es mayor si la presión de avance se reparte en el menor número de dientes.
- Un paso mayor (menos DPP) aumenta la productividad así como los espacios entre virutas permitiendo un desprendimiento mayor el cual es deseable.
- En materiales blandos (aluminio, bronce) se requiere un paso mayor (menor PDD) para evitar que las virutas se adhieran y golpeen las gargantas de la sierra, lo cual puede ocasionar deterioro o daños en la sierra; así como un corte con fallas
- Se deben utilizar las guías de selección de DPP, para encontrar el paso de dientes correcto.

3.6.3. Factores que intervienen en el corte con sierra de cinta

a. Máquina

Antes de iniciar el proceso de corte se debe verificar:

- Alineación de las guías.

- Cantidad de refrigerante necesaria para el proceso.
- Funcionamiento del cepillo limpiador de virutas.
- Tensión de la cinta.
- Velocidad de corte establecida.

b. Refrigerante o fluido de corte

El refrigerante es el encargado de enfriar la pieza durante el proceso de corte, lubricar y evacuar las virutas, por lo cual se debe:

- Utilizar el fluido adecuado para el corte.
- Aplicar la cantidad y concentración recomendadas.
- Verificar la cantidad requerida para el proceso.
- Comprobar que el refrigerante llega al punto de corte con flujo abundante y a baja presión.

c. Pieza

- Verificar que este correctamente sujeta (sin ningún movimiento).
- De preferencia no usar piezas dobladas o con fallas que puedan provocar daños en la sierra.

d. Rodaje

- La velocidad de la cinta debe tener valores establecidos o recomendados por el fabricante; es recomendable reducir esta velocidad a la mitad o 1/3 de la misma durante los primeros 10 minutos de corte, esto para maximizar la vida útil de la hoja.
- Pasados los 10 minutos se debe aumentar progresivamente la velocidad hasta alcanzar el valor establecido.

3.6.4. Avance y virutas

Lo más recomendable es que cada diente de la sierra corte una viruta con el espesor correcto, lo cual se determina mediante la selección del paso entre diente, velocidad de la cinta y el avance; esta relación se la presenta en la tabla 52 a continuación descrita:

Tabla 51**Relación avance-velocidad respecto al tipo de viruta**

Tipos de virutas	Avance	Velocidad de la cinta
Finas o pulverizadas	Aumentar	Reducir
Curvadas y sueltas	Estable	Estable
Gruesas, pesadas o azules	Elevado	Aumente

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN

4.1. Generalidades

Una vez realizada la selección de los elementos para los sistemas; se procede a la implementación y montaje dentro de los cuales se contemplan los sistemas hidráulico, mecánico, eléctrico y de control que en conjunto ayudan a la automatización de un proceso, como es el caso del corte de perfiles metálicos.

Finalizado los diseños, modelamiento CAD y simulaciones para validación, se procede a la fabricación y posterior implementación de los elementos necesarios que conforman el sistema, cabe mencionar que se utilizaran los materiales y elementos disponibles dentro de la fábrica para disminuir en lo posible el costo de la automatización, por lo cual en ciertos casos se obtendrán valores superiores a los previstos (sobredimensionamientos), pero que cumplan con los parámetros requeridos.

4.2. Construcción, montaje e implementación del sistema mecánico

El primer paso es realizar el diseño CAD de los elementos requeridos, posteriormente se procede a construirlos tomando en consideración en primer lugar los materiales disponibles dentro de la fábrica que cumplan con los parámetros requeridos (por cuestión de costos la administración de la empresa realizó la sugerencia de utilizar en primer lugar equipos, materiales y dispositivos existentes en inventario, por ello se adaptó el diseño original a los requerimientos planteados sin afectar el resultado final). Los elementos que constituyen el sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos son:

- Panel operador de mando móvil
- Sierra de cinta
- Cinta de sierra

- Carro alimentador de material
- Bancada
- Guías de desplazamiento
- Rodillos para rodadura
- Tornillo regulador de carrera o tornillo adelantador
- Cubierta protectora de seguridad
- Topes reguladores del ancho
- Mesa de descarga de material

4.2.1. Panel operador de mando móvil

Es uno de los principales elementos a ser implementados, debido a que de él depende la facilidad de manejo, seguridad del operador, fácil maniobrabilidad y ergonomía (esta última no será tratada, ni analizada debido a que corresponde al área de seguridad industrial de la empresa). El panel de operador es un elemento clave en la operación de una máquina-herramienta, por ello se realiza un análisis de la mejor ubicación para un fácil y seguro acceso, normalmente estos tablero de mando suelen ser fijos por lo cual tienen ligeras limitaciones; por ello la posibilidad de que realice movimiento (giro en el punto de anclaje) para cambiar la visualización es beneficioso desde el punto de vista de la operatividad de la máquina.

A continuación se presentan imágenes correspondientes al diseño, construcción e implementación del tablero de mando móvil, las figuras de la 33 a la 38 muestra la construcción de los componentes del panel de mando móvil; en tanto que en las figuras 39 a la 42 se muestran los rangos de las posiciones que puede tomar el mismo.

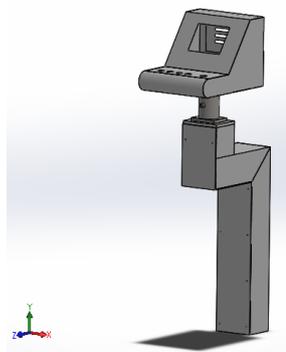


Figura 33. Diseño. CAD del panel operador de mando móvil



Figura 34. Cubierta del panel de mando móvil



Figura 35. Etapa de pintado de las piezas



Figura 36. Secado al horno



Figura 37. Montaje del brazo base a la bancada



Figura 38. Montaje de los componentes del panel de mando móvil



Figura 39. Implementación del panel terminado con botoneras y la KTP 400 (HMI)



Figura 40. Panel de mando móvil en posición 0°



Figura 41. Panel de mando móvil en posición -90°



Figura 42. Panel de mando móvil en posición +90°

4.2.2. Sierra de cinta (módulo-máquina)

Este módulo cuenta con dos poleas (volantes) guías en los cuales se deposita la herramienta, adicional están dispuestos 2 brazos centradores de la cinta, un brazo extra para ejercer presión sobre el material a cortar y cubiertas de protección de las poleas; se aplicó mantenimiento correctivo, limpieza y pintado de cada uno de los elementos que conforman el módulo de la sierra, en las figuras de la 43 a la 49 se presentan los componentes correspondientes a la sierra.



Figura 43. Brazo centrador de cinta - derecho



Figura 44. Brazo centrador de cinta - izquierdo

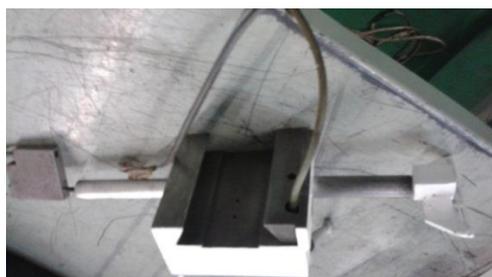


Figura 45. Brazo intermedio



Figura 46. Motor eléctrico y tensor hidráulico de la cinta de sierra



Figura 47. Módulo de sierra en mantenimiento



Figura 48. Montaje de los elementos del módulo de la sierra



Figura 49. Montaje y mantenimiento finalizados en el módulo de la sierra de cinta

4.2.3. Cinta de sierra (herramienta)

La herramienta seleccionada para el proceso de corte de perfiles metálicos es la cinta bimetálica debido a que cumple con la función requerida sin sobredimensionar los parámetros, una cinta bimetálica en el medio industrial es utilizada para corte de metales con bajo contenido de carbono y perfilaría.

En el capítulo 3 correspondiente a selección se especifica de mejor manera como elegir la herramienta adecuada, tomando en cuenta los dientes por pulga, material, dimensionamiento, etc.

4.2.4. Carro alimentador de material

Este componente cumple la función de cargar, sujetar y posicionar el material, como su nombre lo dice es el encargado de contener el material para la alimentación, en las figuras de la 50 a la 58 se presentan imágenes correspondientes a los componentes del sistema para posicionamiento.



Figura 50. Mesa alimentadora del sistema para posicionamiento y corte



Figura 51. Pistones hidráulicos (mordazas y mesa) del sistema



Figura 52. Base centrador posterior del sistema



Figura 53. Cilindros guías y base del rodillo intermedio



Figura 54. Montaje del pistón, mesa, base centradora posterior, base rodillo y cilindros guías en la bancada



Figura 55. Montaje de las mordazas de sujeción y los respectivos pistones hidráulicos



Figura 56. Ajuste de pernos de los elementos de sujeción de material



Figura 57. Montaje de rodillos en el sistema



Figura 58. Ensamble final de los elementos del sistema para posicionamiento de material

4.2.5. Bancada del sistema para posicionamiento

Cumple las funciones de soportar el peso del sistema para posicionamiento, soportar el peso del material y proteger el tablero eléctrico y de control de la máquina; así como de su cableado. Adicionalmente debe resistir el movimiento provocado de la alimentación del material con el menor porcentaje de vibraciones para evitar defectos durante el proceso de corte, especialmente en el avance de la sierra, la figura 59 muestra una vista de la bancada del sistema para posicionamiento.



Figura 59. Bancada

4.2.6. Guías de desplazamiento

Son los elementos encargados de cargar todo el peso del sistema, sobre ellos además se produce el desplazamiento de los elementos por lo cual es importante que se encuentren en buen estado y sobre todo libres de polvo, partículas y de preferencia lubricados adecuadamente para evitar sobrepresiones en los elementos hidráulicos (unidad hidráulica y actuadores). En las figuras 53 y 54 se puede visualizar claramente la función que cumplen los cilindros guías.

4.2.7. Rodillos para rodadura

En la máquina-herramienta están distribuidos 6 rodillos para rodadura que cumplen la función de facilitar el movimiento del material a ser cortado en el sistema para posicionamiento, todo ello sin provocar daños en el material, ni retrasos en el proceso, en la figura 60 se pueden ver 5 de estos rodillos. Adicionalmente el módulo para extracción de material cuenta con más rodillos pero este módulo es desmontable.



Figura 60. Disposición de los rodillos de rodadura

4.2.8. Tornillo regulador de carrera o tornillo adelantador

Cumple la función de desplazar la base del tope que ayuda a determinar la distancia de corte; el desplazamiento se produce mediante la activación de un motor reductor y transmisión por banda (banda en A, tipo A34 lisa disponible en la empresa), cabe mencionar que se aplica un encoder de 200 PPR (pulsos por revolución) acoplado directamente al eje para una relación de giro 1:1. En la figura 61 se puede ver el tornillo y la tuerca de desplazamiento.



Figura 61. Tornillo regulador de carrera

4.2.9. Cubierta protectora de seguridad

Este elemento de protección tiene la finalidad de proteger el sistema de posicionamiento de polvo, partículas; así como de caída o ingreso no programado de material al sistema lo cual podría perjudicar el proceso de corte, la figura 62 muestra el diseño CAD, la figura 63 muestra el plegado posterior al punzonado de la pieza; en tanto que la figura 64 muestra la implementación en la máquina.

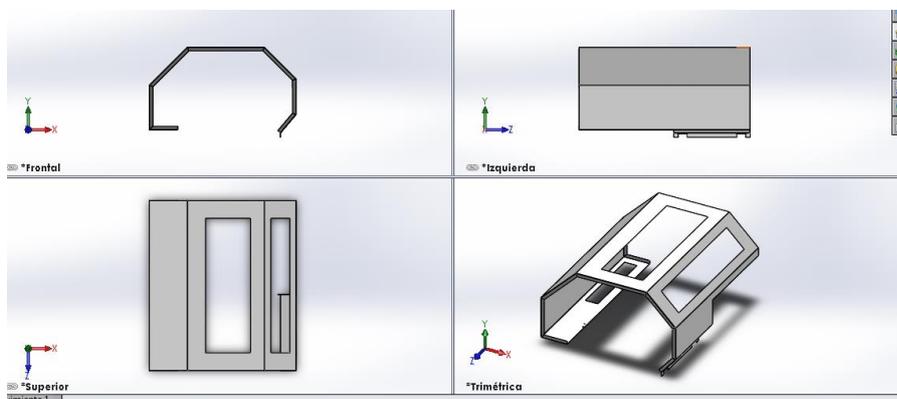


Figura 62. Diseño CAD de la cubierta protectora de seguridad

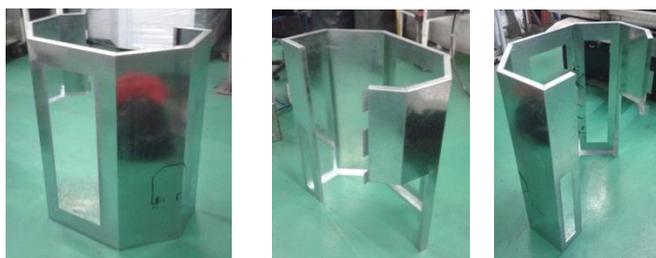


Figura 63. Construcción de la cubierta protectora de seguridad



Figura 64. Implementación de la cubierta protectora de seguridad

4.2.10. Topes reguladores del ancho

Son dos como se puede ver en la figura 65 y cada uno de ellos se encuentra conformado por una base, un rodillo, una tapa y un perno de ajuste, los cuales al montarse en la guía de la base centradora posterior, presentan la posibilidad de desplazarse sobre la misma y así permitiendo regular el ancho requerido para el material durante el proceso de corte, es importante mencionar que únicamente el rodillo ubicado a la derecha de la figura es el que realiza el desplazamiento para el ajuste del material.



Figura 65. Montaje de los topes reguladores de ancho en el sistema

4.2.11. Mesa de descarga de material

Este módulo para extracción del material procesado, está constituido de una mesa de rodillos dispuestos de tal manera que proporcionen estabilidad y no permitan el movimiento de las piezas cortadas durante el proceso de corte.

La figura 66 muestra el ensamble completo de la máquina.

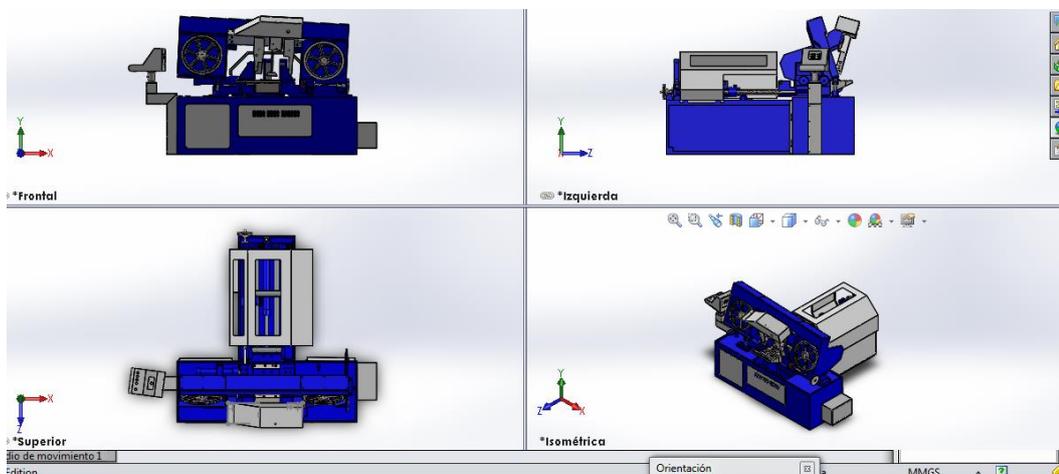


Figura 66. Montaje completo del sistema mecánico

4.3. Montaje del sistema hidráulico

En los anexos (C) se presentan fotografías correspondientes al ensamble e implementación de cañerías, mangueras, válvulas, actuadores; así como de las unidades hidráulicas.

4.3.1. Central hidráulica

La máquina dispone de dos unidades hidráulicas, ubicadas en ambos lados de la bancada de la sierra de cinta; vista de frente la unidad hidráulica de la derecha está encargada de controlar el funcionamiento de los actuadores hidráulicos (pistones hidráulicos) que suben y bajan la sierra; así como del tensado y destensado de la cinta; mientras que la unidad hidráulica de la izquierda está encargada del funcionamiento del sistema para posicionamiento y corte (mordazas de sujeción y carro alimentador), en la tabla 53 se presentan ciertas de las características de las unidades hidráulicas en tanto que en la figura 67 se puede visualizar el montaje de las mismas dentro de la máquina.

Ambas unidades hidráulicas constan de:

- Motor
- Bomba
- Depósito
- Filtro
- Manómetro
- Sensores de presión
- Electroválvulas
- Indicador de nivel

Tabla 52. Características de las unidades hidráulicas

Dispositivo/elemento	Unidad Hidráulica – Derecha (Sierra)	Unidad Hidráulica – Izquierda (Sistema para posicionamiento y corte)
Motor	EFACEC Trifásico 220 VAC 2,6 A 1390 RPM 50 Hz 0,55 KW	UNIZ Trifásico 220 VAC 2,8 A 1450 RPM 50 Hz 0,75 CV

CONTINUA 

Depósito	28 L (0,28 m ³)	20 L (0,20 m ³)
Manómetro	0-200 bar (0-3000 psi)	0-200 bar (0-3000 psi)
Sensores de presión	Uno de 0-70 bar	Dos de 0-70 bar
Electroválvulas	2 electroválvulas: <ul style="list-style-type: none"> • Una electroválvula 4/3 con doble activación por solenoide y retorno por muelle. • Una electroválvula 4/2 NA con piloto externo y muelle de recuperación. 	3 electroválvulas: <ul style="list-style-type: none"> • Dos electroválvulas 4/3 con doble activación por solenoide y retorno por muelle. • Una electroválvula 4/3 NC con doble control eléctrico.
Indicador de nivel de aceite	Tipo mirilla.	Tipo mirilla.

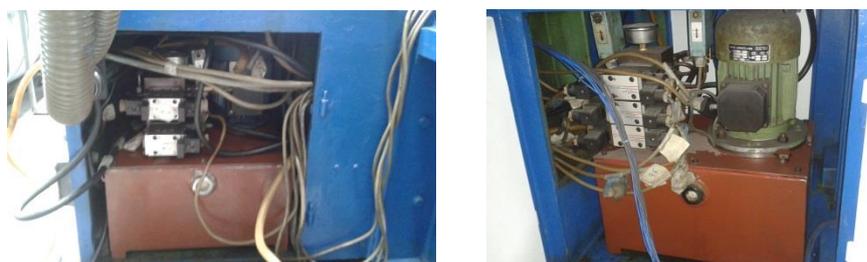


Figura 67. Montaje de las unidades hidráulicas

4.3.2. Montaje y ajuste de mangueras y cañerías

En las figuras 68 y 69 se muestran los montajes de las cañerías y mangueras del sistema hidráulico.



Figura 68. Cañerías de los pistones hidráulicos de las mordazas



Figura 69. Mangueras de las unidades hidráulicas

4.3.3. Pistones hidráulicos de doble efecto

La máquina contiene cinco pistones de doble efecto, los cuales tiene diferentes carreras en sus vástagos (carrera larga, media y corta), en las figuras de la 70 a la 73 se pueden ver dichos pistones ya implementados y conectados a la máquina.



Figura 70. Pistón de alimentación de material



Figura 71. Pistones de mordazas de sujeción



Figura 72. Pistón de elevación de sierra y pistones de mordazas de sujeción



Figura 73. Pistón del tensor de la cinta

4.3.4. Válvula de regulación de la presión de corte

Está ubicada en la parte frontal superior de la máquina como se puede apreciar en las figura de la 74 a la 76, para su correcto posicionamiento se diseñó una base de soporte para protegerla contra golpes y facilitar su montaje, brindando un fácil acceso para su uso.



Figura 74. Parte interna de la base soporte de la válvula de regulación de la presión de corte



Figura 75. Perilla reguladora de la presión de corte



Figura 76. Montaje completo de la base de la válvula reguladora de presión de corte

4.3.5. Unidad del sistema de refrigeración

Está compuesta de un tanque dividido en tres secciones como se puede ver en la figura 77, una bomba hidráulica, válvulas tipo globo, mangueras de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada; además de acoples distribuidos interiormente en la máquina, la figura 78 muestra la implementación del tanque dentro de la bancada de la máquina, en tanto que la figura 79 muestra la bomba para circulación del fluido refrigerante.



Figura 77. Tanque del refrigerante



Figura 78. Implementación del tanque en la bancada



Figura 79. Bomba del sistema de refrigeración

4.4. Montaje del sistema eléctrico

Dentro de este se encuentra contemplada la información concerniente al tablero eléctrico principal, cabe mencionar que para realizar el control de la velocidad de giro de la cinta, se implementó un tablero eléctrico adicional ubicado al costado derecho de la máquina como se puede apreciar en las imágenes de la figura 80, dentro del mismo se encuentra el variador de frecuencia que cumplirá la función de control de velocidad de la cinta durante el corte.



Figura 80. Tablero eléctrico del variador de frecuencia

4.4.1. Motor de la sierra



Figura 81. Motor de la sierra

Las figuras de la 81 a la 83 muestran el motor de la sierra, las poleas de la transmisión por banda y la cubierta de protección implementada por seguridad. La función del motor de la sierra es la de activar las poleas o volantes de transmisión donde se encuentra montada la herramienta (cinta de sierra) para que esta mediante la transmisión de giro realice el corte del material, la velocidad de este motor es controlada mediante un variador de frecuencia como se puede ver en la figura 80.



Figura 82. Transmisión por banda



Figura 83. Cubierta de seguridad de la transmisión por banda

4.4.2. Motor - Cepillo limpiador de viruta

Como su nombre menciona, la función que cumple este motor es la de hacer girar unos cepillos metálicos mediante el uso de un eje extensor como se puede ver en la figura 84), la altura a la que se puede ubicar los cepillos metálicos de limpieza es regulable por los cual se debe implementar en

primer lugar la herramienta y posteriormente ajustar la altura de los cepillos. La velocidad del motor es la nominal y los cepillos no deben hacer contacto con la herramienta para evitar daños en la misma.



Figura 84. Motor y cepillo limpia viruta

4.4.3. Contactores, fusibles y relés

El tablero eléctrico principal está dividido en dos secciones, una corresponde a la etapa de potencia (lado izquierdo) y la otra a la etapa de control (lado derecho), adicionalmente el tablero del variador de frecuencia descrito en el punto 4.4 es de control. En la figura 85 se muestran todos los componentes montados y cableados.

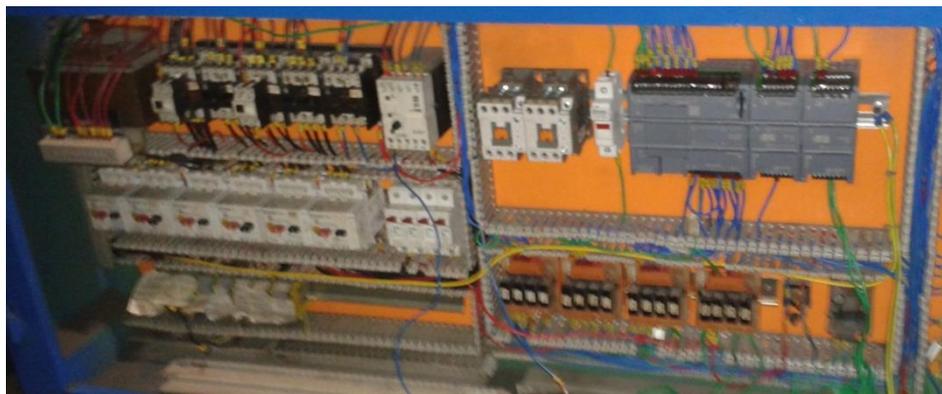


Figura 85. Tablero eléctrico principal

En la etapa de potencia se utilizan cinco contactores de potencia como se puede apreciar en la figura 86, los cuales cumplen las siguientes funciones:

- **K1M:** Activación del motor de la sierra y del cepillo limpia viruta.
- **K4M:** Activación de la bomba del refrigerante.
- **K5M:** Activación de la bomba de la unidad hidráulica de la sierra.
- **K6M:** Activación de la bomba de la unidad hidráulica del sistema para posicionamiento del material (mesa).
- **RE:** Activación de los relés de control de las electroválvulas.

Además consta de un transformador, conectores para riel DIN, fusibles de seguridad para las entradas de cada uno de los contactores mencionadas anteriormente y un breaker.

La etapa de control se puede apreciar en la figura 87 y consta de un PLC Siemens S7 1200 con sus respectivos módulos de salidas digitales y salidas analógicas, bloques de relés, puentes rectificadores y un fusible de seguridad para el PLC; adicionalmente el tablero del variador de frecuencia descrito con anterioridad.



Figura 86. Etapa de potencia



Figura 87. Etapa de control

4.5. Montaje del sistema de control

Como se puede apreciar en la figura 86 y 87 el sistema de control consta de dos tableros, en el tablero de la figura 88 se encuentra el PLC que es el controlador; así como cuatro bloques de relés para activación de las solenoides de las electroválvulas y dos puentes rectificadores para alimentar los relés. En tanto que el segundo tablero contiene el variador de frecuencia el cual requiere de dimensiones establecidas para su implementación es debido a esta razón que el variador de frecuencia se ubicó de esta forma, en las figuras de la 89 a la 90 se muestran parte del proceso de montaje realizado.

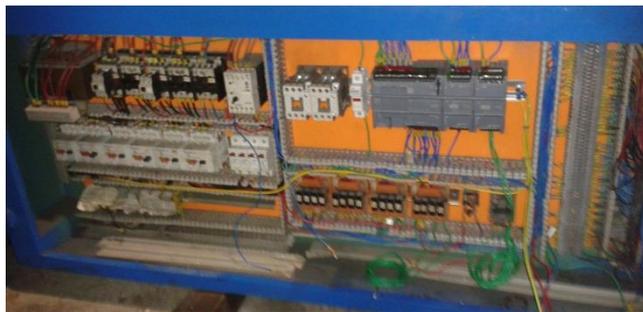


Figura 88. Cableado del tablero eléctrico principal



Figura 89. Montaje de componentes del tablero del variador de frecuencia



Figura 90. Cableado del HMI

4.5.3. PLC Siemens S7-1200 CPU 1214

En la figura 91 se puede ver la implementación del PLC en donde se identifican varios componentes como son: portafusibles para la entrada de la alimentación (220V) del PLC Siemens S7 1200 CPU 1214 AC/DC/RLY, módulo de salidas digitales (8 DQ) y módulo de salidas analógicas (2 AQ).



Figura 91. Implementación del PLC y módulos

4.5.4. PLC Siemens S7-1200 CPU 1214

En la figura 92 se identifican los cuatro bloques de relés cada bloques contiene cuatro relés, dando en total 16 relés que aportan para el control de las salidas, adicionalmente existen dos rectificadores los cuales alimentan a los relés.

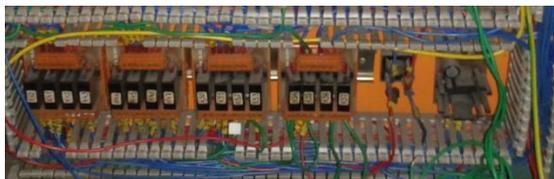


Figura 92. Implementación de los bloques de relés de control

4.5.5. Variador de frecuencia

En la figura 93 se visualiza el variador de frecuencia, un portafusibles y una bornera de conexión para el interruptor principal, el tamaño se debe a las distancias y espacio requerido para un óptimo funcionamiento del variador.



Figura 93. Tablero eléctrico del variador de frecuencia del motor de la sierra

4.5.6. Fines de carrera

Existen cinco fines de carrera dispuestos dos en el sistema para posicionamiento y tres en la sierra, a continuación se describen sus localizaciones y funcionalidad:

Sensor 1: Parte posterior de la mesa alimentadora, cumple la función de activarse al realizar contacto con la tuerca del tornillo para control de la distancia de corte.

Sensor 2: Parte frontal de la mesa alimentadora, cumple la función de activarse al realizar contacto con la base de la sierra para activar el inicio de corte del material.

Sensor 3: Punto inferior de la sierra (cerca al pivote) controla el punto máximo de bajada de la sierra para evitar el choque con la bancada.

Sensor 4: Tensor de la cinta, una vez activada detiene el motor de la sierra debido a que sirve como seguro para cuando la herramienta se rompa.

Sensor 5: Brazo intermedio, se encarga de controlar la subida de la sierra para evitar pérdidas de tiempo con una elevación total; cuando el sensor se activa la elevación se detiene y se activa el sistema para un nuevo posicionamiento optimizando el tiempo de corte.

4.6. Implementación la interfaz gráfica en el panel de mando móvil

Como se puede ver en la figura 94, el panel de mando móvil consta de un paro de emergencia, un selector de dos posiciones, una luz piloto, dos botoneras, un mango de sujeción y principalmente una Touch Panel KTP 400 a color desde la cual se realiza el control de toda la máquina.



Figura 94. Panel de mando móvil implementado y montado

4.7. Integración de sistemas

En la figura 95 se puede ver la máquina completa y con todos sus componentes incluidos.

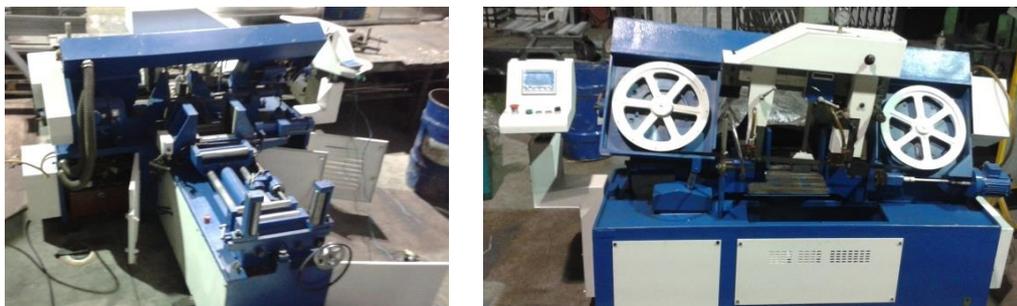


Figura 95. Integración de los sistemas

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS, PRUEBAS Y RESULTADOS

El desarrollo de este capítulo corresponde al análisis de las variables dependientes e independientes para de esta forma comprobar la hipótesis planteada al inicio del proyecto.

5.1. Operacionalización de variables

5.1.1. Operacionalización de variables independientes

Como se menciona en el capítulo 2, dentro de las variables independientes relacionadas al sistema semiautomático para posicionamiento y corte se encuentran:

- Análisis estructural.
- Análisis de esfuerzos.

En las tablas 16 y 17, se presenta información relacionada a la operacionalización de variables independientes, como lo es la conceptualización, dimensiones, indicadores e instrumentos.

a. Pruebas de las variables independientes

El instrumento utilizado para los análisis estructural y de esfuerzos son los software: MDSOLID y SolidWorks; el primero permite realizar una simulación de varios tipos de esfuerzo aplicados a la parte mecánica y obtener los diagramas de esfuerzo y momentos, mientras que el segundo permite diseñar, simular y obtener resultados realizando pruebas virtuales.

- a) Esfuerzos Axiales
- b) Esfuerzos Cortantes
- c) Esfuerzos Torsores
- d) Factor de seguridad

5.1.2. Operacionalización de variables dependientes

Dentro de las variables dependientes relacionadas a la optimización de los parámetros de corte por arranque de viruta (serrado) como se menciona en el capítulo 2, se encuentran:

- Coste de producción.
- Velocidad de corte.
- Acabado superficial.
- Fallas en el proceso de corte.

En las tablas de la 18 a la 21, se presenta información relacionada a la operacionalización de variables dependientes, los datos obtenidos se utilizarán como referencia para analizar el desempeño del sistema automatizado.

b. Pruebas de las variables dependientes

El coste de producción se analiza mediante un análisis de costos previo a la implementación de la máquina respecto al después de su implementación, cabe mencionar que previamente los cortes de perfiles se los realizar uno a la vez; en tanto que la actual máquina permite cortar fajos (varios perfiles metálicos a la vez) ahorrando tiempo de uso de la máquina y por ende menos recursos para una mayor producción.

La velocidad de corte se analiza acorde al tipo de perfil metálico a cortar, espesor de las paredes en caso de ser un perfil hueco y el tipo de material que se desea cortar.

Para el acabado superficial se aplica la visualización y para corregir los bordes cortantes basta con aplicar una lima o lija.

Las fallas en el corte se producen por falta de tensionado de la cinta (herramienta), desperfectos en el material ingresado para el corte, deterioro o desperfectos en la herramienta, una incorrecta selección de la herramienta, velocidad de corte o avance inapropiados, para ello se realizaron varias pruebas prácticas del corte tomando datos para posteriores usos.

5.2. Pruebas y resultados de funcionamiento de los sistemas

Para sustentar las pruebas realizadas se tomaron datos tales como tiempos, selección y fotos de los resultados obtenidos, inicialmente las pruebas se realizaron de cada sistema por separado y una vez verificado el funcionamiento correcto de forma individual se realizaron las pruebas de todos los sistemas ya integrados.

5.2.1. Mecánico

Las pruebas realizadas en la parte mecánica sugieren a deformaciones del material por la aplicación de peso, para ello se cargó material a la máquina y se visualizó si se producía un cambio o deformación por peso.

Prueba 1: Cilindro guía.

Descripción: Aplicación del peso de los componentes (mesa alimentadora, mordazas de sujeción y pistones hidráulicos).

Resultado: No existe deformación alguna en los cilindros guías.

Prueba 2: Rodillos del sistema para posicionamiento.

Descripción: Aplicación de carga (peso) de material al sistema.

Resultado: No existe deformación alguna en ninguno de los cuatro rodillos ubicados horizontalmente en el sistema para posicionamiento, así tampoco existe desplazamiento en los dos rodillos verticales.

Prueba 3: Brazo del tablero de mando móvil.

Descripción: Aplicación del peso de una persona sobre el brazo.

Resultado: No existe ningún cambio o deformación en las juntas del brazo; una vez realizada la prueba y obtener buenos resultados; se procedió al montaje del tablero de mando con sus respectivos componentes como se puede ver en la figura 35.

5.2.2. Hidráulico

Las pruebas realizadas en los sistemas hidráulicos, corresponden a la verificación del sentido de giro de las bombas de las unidades hidráulicas,

funcionamiento de las bombas de la unidades así como la del sistema de refrigeración, revisión de válvulas y electroválvulas, mangueras, cañerías, acoples, manómetros y sensores de presión (presóstatos).

Prueba 1: Verificación del sentido de giro de las bombas hidráulicas.

Descripción: Energizar las bombas y comprobar que el manómetro marque una presión diferente a 0 bar. En el caso de la bomba del sistema de refrigeración se verifica visualmente la succión y descarga del fluido refrigerante.

Resultado: Las bombas inicialmente se encuentran con el giro invertido por lo cual se procede a cambiar las fases de entrada para corregir el sentido de giro. Una vez realizado el cambio de fases se comprobó el correcto funcionamiento de las mismas visualizando marcaje de presión en los manómetros así como visualmente en el caso de la bomba del refrigerante.

Prueba 2: Funcionamiento de la bomba del refrigerante.

Descripción: En un depósito llenar fluido refrigerante y colocar la bomba dentro de este, activar únicamente la bomba con o sin la manguera de salida para visualizar la circulación del fluido refrigerante y el caudal con el cual este sale.

Resultado: Para una mejor visualización se optó por desacoplar la manguera principal, se activó la bomba y se verifico la circulación correcta de fluido refrigerante. El caudal inicial con el cual el fluido salía de la bomba era bajo debido a esto se procedió a elevar la bomba un centímetro sobre el nivel del depósito verificando que el caudal se elevó a la salida. Realizada esta prueba se diseñó una base para acoplar la bomba un centímetro sobre la base del tanque, permitiendo obtener su caudal original de 70 litros por minuto.

Prueba 3: Activación de las bobinas de las electroválvulas.

Descripción: Sin activar las unidades hidráulicas, se procede a activar los relés que controlan la activación de las bobinas de las electroválvulas, debido a la existencia de un led indicador en las

electroválvulas esta prueba se verifica visualmente mediante la activación de dicho led, excepto una de las bobinas que no posee este elemento; en este caso se verifica con la ayuda de un objeto metálico debido que al activarse una bobina esta genera un campo magnético (efecto imán) y así se prueba si se activó correctamente.

Resultado: Mediante la programación en el controlador (PLC), se procedió a realizar la activación individual de cada bobina, verificando el encendido del led indicador y así comprobando su correcto funcionamiento.

Prueba 4: Activación de los pistones hidráulicos.

Descripción: Mediante la activación de cada bobina de las electroválvulas se activó la salida y la entrada de los vástagos de cada uno de los pistones hidráulicos (pistones de doble efecto).

Resultado: Se comprobó la correcta salida y entrada de los vástagos, además de la ausencia de fugas de aceite lo que comprueba un óptimo funcionamiento.

Prueba 5: Verificación de las conexiones de las electroválvulas con sus respectivas mangueras hidráulicas.

Descripción: Debido a que cada electroválvula tiene doble control y al ser los actuadores hidráulicos, pistones de doble efecto se entiende que cada electroválvula controla un pistón. Las electroválvulas de los pistones son de cuatro vías y tres posiciones por tal motivo dos de estas posiciones controlan la salida y entrada del vástago del pistón, en tanto que la tercera posición es un punto neutro luego de la activación de los sensores de control.

En las pruebas se realizó un programa para activar cada bobina y así controlar cada uno de los pistones sea para la salida o entrada de sus respectivos vástagos, y así verificando las conexiones con sus respectivas mangueras hidráulicas.

Resultado: Los pistones correspondientes al sistema para posicionamiento no tuvieron problemas durante sus pruebas, para el pistón de tensado de la cinta se modificó la conexión para aplicar uno de

los sensores como seguro para cuando la herramienta llegue a romperse; en tanto que para el pistón de control de avance de la sierra (subida y bajada) se activó una bobina extra para aliviar la presión y de esta forma incrementar la velocidad de avance ya que lo que se va a cortar en su mayoría son perfiles metálicos.

Prueba 6: Activación de los sensores de presión (presóstatos).

Descripción: Dentro del sistema existen dos sensores de presión y uno más correspondiente a la sierra. Los dos sensores de presión se aplican en las mordazas de sujeción para evitar dañar el material al momento de la sujeción y alimentación en el sistema, en tanto que el tercer sensor de presión controla el tensado de la cinta.

Durante la prueba se ajustó un nuevo valor de presión (10bar) para evitar dañar el material de prueba, se debe mencionar que el valor de presión no debe ser muy bajo debido a que puede perder su ajuste o el material puede llegar a moverse durante el corte.

Los ajustes de presión para la activación de los sensores dependerán del espesor de las paredes de los perfiles metálicos (en caso de que sean huecos. Ej. Tubos). Debido a esto no existe un valor exacto de esta presión de ajuste.

Resultado: Las pruebas se realizaron con un perfil cuadrado de $\frac{3}{4}$ de pulgada, espesor de pared de 1,3 mm y con varias presiones de ajuste (30, 20, 15 bar) en las cuales se verificó la activación correcta de los sensores en cada caso. Al final se aplicó una presión de ajuste de 10 bar con la cual no se visualizó deformación producida por la presión de las mordazas y existió una correcta sujeción.

Prueba 7: Revisión de mangueras hidráulicas.

Descripción: Durante las pruebas anteriores se aplicó varios rangos de presión; de esta forma se verificaron ciertas fugas en determinadas mangueras hidráulicas las cuales se encontraban en mal estado, por lo cual se optó por realizar el cambio de las mismas.

Resultado: Una vez realizado el cambio de estas mangueras defectuosas, se repitieron las pruebas habiéndose eliminado las fugas

presentadas en un inicio, lo que corrobora su actual óptimo funcionamiento.

Prueba 8: Revisión de válvulas del sistema de refrigeración (enfriamiento).

Descripción: Las válvulas usadas en este sistema son de tipo globo (bola) las cuales no requieren mucho mantenimiento y son fáciles de reemplazar debido a su disponibilidad en el mercado y bajo costo.

Durante la prueba desarrollada se activó la bomba del refrigerante enviando fluido refrigerante por las mangueras del sistema.

Resultado: Se visualizó el paso y bloqueo correcto del fluido por las mangueras sin fugas en ningún elemento.

Prueba 9: Control de avance de la sierra (velocidad-presión).

Descripción: Mediante del uso de la válvula de regulación para control de avance, se puede incrementar o decrementar la velocidad de avance de la sierra para el proceso de corte.

Durante la prueba se activa la bajada de la sierra y se regula la presión de corte para controlar la velocidad.

Resultado: Inicialmente la velocidad de avance era muy reducida (ideal para bloques sólidos de grandes dimensiones), debido a esto se procedió a realizar un ajuste interno en la válvula consiguiendo de esta forma incrementar la velocidad. Cabe mencionar que si se desea realizar cortes de bloques sólidos los cuales no están analizados para este proyecto se debe realizar un reajuste interno de la válvula y un cambio de herramienta).

5.2.3. ELÉCTRICO

Las pruebas relacionadas con la parte eléctrica se encuentran vinculadas al control. Algunas de las pruebas realizadas en la parte eléctrica son: activación de los contactores de potencia, activación de bombas y motores, medición de voltaje en las fases, revisión de fusibles de seguridad, entre otras.

Prueba 1: Medición de voltajes en las líneas de alimentación.

Descripción: Con la ayuda de un multímetro digital medir la tensión en cada línea.

Resultado: De las mediciones obtenidas se verifica una tensión de 220-223 VAC en las líneas de alimentación.

Prueba 2: Activación de contactores de potencia.

Descripción: Durante el desarrollo de esta prueba mediante la programación y control con el PLC se realiza la activación de cada contactor por separado.

Resultado: Con la ayuda de los relés de control se envía la señal de activación a los contactores de potencia activándolos y desactivándolos a voluntad, con esto se verifica su correcto funcionamiento.

Prueba 3: Activación de las bombas hidráulicas.

Descripción: Esta prueba corresponde a la prueba 1 de la parte hidráulica en donde se energiza cada una verificando su encendido y posteriormente el sentido de giro que tiene.

Resultado: Las tres bombas de la máquina se encuentran operando correctamente.

Prueba 4: Activación de los motores.

Descripción: Para esta prueba se energiza cada motor trifásico verificando su sentido de giro, velocidad y correcto funcionamiento.

Resultado: Para poder controlar la velocidad del motor de la sierra se implementa un variador de frecuencia, el motor del cepillo limpia viruta funciona a su velocidad nominal y el motor reductor del tornillo opera con inversión de giro y a bajas revoluciones gracias a su caja reductora.

5.2.4. CONTROL

El control está vinculado al PLC de control, módulos, variador de frecuencia, sensores y al panel de mando móvil. Por ello se revisó sus correctos funcionamientos, operación, activación y control.

Prueba 1: Conexión, alimentación y funcionamiento del controlador.

Descripción: Durante el desarrollo de esta prueba mediante la programación y control con el PLC se realiza la activación de cada contactor por separado.

Resultado: Con la ayuda de los relés de control se envía la señal de activación a los contactores de potencia activándolos y desactivándolos a voluntad, con esto se verifica su correcto funcionamiento.

Prueba 2: Funcionamiento y control del variador de frecuencia del motor de la sierra.

Descripción: Variar la velocidad de giro del motor mediante el ingreso de datos desde la KTP 400 (HMI).

Resultado: Se ingresa el porcentaje de velocidad deseado según el material a cortar, para activar el variador se da un pulso desde la touch panel. Se verificó visualmente el incremento y decremento de velocidad del motor por lo cual se acepta su uso.

Prueba 3: Activación de los sensores.

Descripción: Activar cada uno de los sensores mecánicos y revisar que en el PLC se visualice la activación de la correspondiente entrada, una vez hecho esto activar la máquina y operarla en modo manual para corroborar su funcionamiento adecuado.

Resultado: Todos los fines de carrera (sensores mecánicos) se probaron individualmente; así también los sensores de presión en la etapa de pruebas de la parte hidráulica. Por tal motivo se afirma la correcta operación de estos elementos.

Prueba 4: Operación de la máquina mediante el panel de mando móvil.

Descripción: Tanto las botoneras, interruptores y la touch panel deben ser activados independientemente y en cualquier instante cumpliendo cada uno con sus tareas de activación.

Resultados: El interruptor principal fue el primero en el cual se realizó las pruebas debido a que es el encargado de dar el paso de energía eléctrica para el funcionamiento de la máquina.

Se activó el paro de emergencia de manera aleatoria y cumplir con su tarea de poner en paro la máquina.

La touch panel (KTP 400 – HMI) funciona óptimamente con un tiempo de respuesta aceptable a la activación.

Las botoneras dan una respuesta rápida a su activación por lo cual cumplen su función efectivamente.

5.2.5. Pruebas de medición de tiempos del proceso de corte

En la tabla 54 se puede ver una de las pruebas realizadas en el tipo de perfil más utilizado dentro de la fábrica el cual se usa para la fabricación de portacoques para los hornos de pan.

Tabla 53. Medición de tiempos de corte

Número de cortes	Longitud de corte (mm)	Régimen de funcionamiento	de Tipo y Tipo de perfil metálico	Tipo de herramienta	de corte	Tiempo de corte
10	10	Manual	Tubo cuadrado de ¾"	Sierra de diente fino		10:00 min
10	10	Automático	Tubo cuadrado de ¾"	Sierra de diente fino		08:45 min

La información contenida en la tabla 55, hace referencia a todos los tiempos previstos para preparación previos al corte del material, cabe mencionar que algunos de estos pueden ser obviados dependiendo de las condiciones iniciales como (herramienta requerida ya montada en la máquina, cantidades mínimas de material a ingresar en la máquina, despunte innecesario debido al buen estado del material previo al corte). Cada uno de los factores a ser analizados intervienen directamente al tiempo

total de preparación para iniciar el proceso, los datos mostrados indican las condiciones extremas para tener una noción de los tiempos mínimos y máximos que pueden llegar a darse.

Tabla 54

Medición de tiempos de preparación

Cantidad de material a cortar	Tiempo para cambio de herramienta	Tiempo de encerado de la máquina	Tiempo de colocación de material en la máquina	Tiempo de despunte (opcional)	Tiempo de preparación total
1	2:30 min	1:15 min	0:15 min	0:45 min	4:45 min
20	2:30 min	1:13 min	0:45 min	3:30 min	7:58 min
40	2:30 min	1:10 min	1:30 min	7:00 min	12:10 min

El material con el cual se tomaron los datos corresponde a un tubo cuadrado de $\frac{3}{4}$ de pulgada en acero inoxidable.

5.2.6. Pruebas de corte de perfiles metálicos

A continuación se presenta una tabla comparativa de los cuatro métodos para corte de perfiles metálicos existentes actualmente en la empresa. Una vez finalizado el proyecto se realizaron varias pruebas, para ello se realizó una comparación entre las máquinas herramientas que desarrollan esta actividad descritas en la tabla 56.

Tabla 55

Comparativa entre máquinas – Tipos de material y formas que pueden cortar

Tipos de material	Formas	Posibilidad de corte acorde al tipo y formas de los perfiles metálicos			
		Sierra circular - Tronzadora	Pulidora con disco de corte	Sierra de cinta BS-712N	Sierra de cinta semi-automática (Proyecto)
Perfiles metálicos huecos	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado
	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
	Tubo	Tubo	Tubo	Tubo	Tubo
Perfiles metálicos	Cuadrado	-	Cuadrado	Cuadrado	Cuadrado

CONTINÚA 

sólidos					
	Rectangular	-	Rectangular	Rectangular	Rectangular
	Eje	-	Eje	Eje	Eje
Perfiles metálicos estructural	Angulo	Angulo	Angulo	Angulo	Angulo
	C	C	C	C	C
	T	-	T	T	T
	I	-	I	I	I

Tabla 56

Comparativa de análisis de cantidad vs tiempo

Tipos de material	Formas	Sierra circular - Tronzadora		Pulidora con disco de corte		Sierra de cinta BS-712N		Sierra de cinta semi- automática (Proyecto)	
		Cantidad	Tiempo (segundos)	Cantidad	Tiempo (segundos)	Cantidad	Tiempo (segundos)	Cantidad	Tiempo (segundos)
Perfiles metálicos huecos	Cuadrado	1		1		1		1	
		Más de 5		-		Más de 5		Más de 5	
	Rectangular	1		1		1		1	
		Más de 5		-		Más de 5		Más de 5	
	Tubo redondo	1		1		1		1	
		Más de 5		-		Más de 5		Más de 5	
Perfiles metálicos sólidos	Cuadrado	-		1		1		1	
		-		-		Más de 5		Más de 5	
	Rectangular	-		1		1		1	
		-		-		Más de 5		Más de 5	
	Eje	-		1		1		1	
		-		-		Más de 5		Más de 5	
Perfiles metálicos estructural	Angulo	1		1		1		1	
		Más de 1		-		Más de 1		Más de 1	
	C	1		1		1		1	

CONTINÚA 

	Más de 1	-	Más de 1	Más de 1
T	-	1	1	1
	-	-	Más de 1	Más de 1
I	-	1	1	1
	-	-	Más de 1	Más de 1

Tabla 57

Pruebas y resultados

PRUEBAS	MAQUINA	CANTIDAD DE PIEZAS A CORTAR		TIPO DE PERFIL		FORMA DEL PERFIL	DIMENSIONES			MATERIAL	LARGO TOTAL DEL PERFIL (mm)	DISTANCIA REQUERIDA (mm)	TIEMPO DE PREPARACIÓN			
		INDIVIDUAL	FAJO	Sólido	Hueco		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	ESPESOR DE LA PARED (mm)				CAMBIO DE HERRAMIENTA (SEG)	INGRESO DEL MATERIAL A LA MÁQUINA (SEG)	PREPARACIÓN PREVIA AL CORTE	TIEMPO DE DESPUNTE (OPCIONAL)
1	Tronzadora	5	-	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	50	10	30	10
1	Pulidora con disco de corte	5	-	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	30	5	30	20
1	Sierra de cinta BS-712N	5	5	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	130	30	45	180
1	Sierra de cinta semi-automática (Proyecto)	5	5	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	145	30	45	180
1	Tronzadora	5	-	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	50	10	30	10
1	Pulidora con disco de corte	5	-	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	30	5	30	20
1	Sierra de cinta BS-712N	5	5	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	130	30	45	180
1	Sierra de cinta semi-automática (Proyecto)	5	5	-	x	Rectangular	50	25	1,5	HG	500	10	145	30	45	180

INDIVIDUAL (SEG)	TIEMPO DE CORTE		TIEMPO TOTAL DE PREPARACIÓN	TIEMPO DE CORTE TOTAL(SEG)		TIEMPOS MUERTOS (SEG)	TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (SEG)	TIPO DE HERRAMIENTA UTILIZADA	PROCESOS DE ACABADO POSTERIORES AL CORTE
	FAJO (SEG)			INDIVIDUAL (SEG)	FAJO (SEG)				
10	-	✓	100	50	-	20	170	Disco de corte de 14" de diámetro	Corrección de rectitud y pulido de rebaba
	-		85		-		85	Disco de corte de 4" de diámetro	Corrección de rectitud y pulido de rebaba
	0	✓	385		0		385	Cinta de sierra, diente fino	Pulido de rebaba
	0	✓	400		0		400	Cinta de sierra, diente fino	En ocasiones pulido de rebaba de los filos
10	-	✓	100	50	-	20	170	Disco de corte de 14" de diámetro	Corrección de rectitud y pulido de rebaba
	-	✓	85		-		85	Disco de corte de 4" de diámetro	Corrección de rectitud y pulido de rebaba
	0	✓	385		0		385	Cinta de sierra, diente fino	Pulido de rebaba
	0	✓	400		0		400	Cinta de sierra, diente fino	En ocasiones pulido de rebaba de los filos

5.3. Análisis de resultados finales

Cada una de las pruebas realizadas en los sistemas que conforman la máquina, validan la correcta operación de los componentes y la máquina en sí, brindando seguridad en su uso; eficiencia y optimizando los recursos así como los parámetros de corte analizados.

5.4. Análisis de rentabilidad

Dentro del desarrollo de un proyecto con fines empresariales, es importante considerar un análisis rentable con el fin de obtener una visión clara y segura de los beneficios que se pueden llegar a tener la implementación y puesta en marcha de equipos, máquinas o herramientas las cuales faciliten o a su vez maximicen la utilización de los recursos existentes dentro del ente empresarial.

Los perfiles metálicos son uno de los diversos tipos de materia prima utilizados para la fabricación de máquinas y accesorios relacionados a los productos producidos, como es el caso de los hornos para panadería.

Se debe tomar en cuenta todos los procesos posteriores que se aplican a la materia prima antes de convertirla en un producto terminado y listo para su posterior distribución y venta, por ello el análisis de rentabilidad se analizará en base al sueldo del operador, y un análisis adicional referenciando al costo de la herramienta usada.

La tabla 59 muestra los datos del salario de un operador el cual cumple esta función.

Tabla 58. Salario del operador de la máquina

Tiempo de producción (mes)	Salario (mensual)
Enero	\$368
Febrero	\$368
Marzo	\$368
Abril	\$368
Mayo	\$368
Junio	\$368
Julio	\$368

CONTINUA 

Agosto	\$368
Septiembre	\$368
Octubre	\$368
Noviembre	\$368
Diciembre	\$368
TOTAL	\$4416

De los datos vistos se llega a la conclusión de que la implementación del sistema para posicionamiento en la máquina proporciona ventajas en cuanto a la operación de la misma, dicho de otra manera dado a que el proceso una vez cargado el material en la máquina se da automáticamente, el operador puede desempeñar otras tareas o actividades que contribuyen con la producción en otra área; así también disminuir la influencia de un persona evita fallos humanos y la disminución de correcciones apreciables en el material una vez finalizado el corte como lo son un nuevo despunte, pulido, o desviación durante el corte.

Cabe mencionar que debido a que la máquina puede ser utilizada por varios operadores, se tomó como referencia un salario básico unificado.

Este resultado refiere a que por medio del uso de la máquina, la empresa puede ahorrar \$ 4416 al año debido a que mientras el proceso de corte este en modo automático, este no requiere la vigilancia de un operador excepto para el ingreso de la materia prima a la máquina y la extracción del material procesado, eliminando así el pago de un sueldo.

Analizado este valor y tomando en cuenta la inversión inicial de alrededor de \$4500 dólares, se verifica que durante el lapso de un año la inversión realizada puede llegar a ser recuperada; y a partir del segundo año y posteriores estos valores se convertirán en ganancias por actualización de maquinaria.

5.5. Validación de la hipótesis

Para realizar la validación de la hipótesis, se aplica el método estadístico del chi cuadrado, el cual sirve para someter a prueba la hipótesis referida a distribuciones de frecuencia; de manera más general esta prueba contrasta

las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas y las relaciona con una hipótesis nula. Para aplicar este método se siguen los siguientes pasos:

5.5.1. Planteamiento de la hipótesis

¿El diseño e implementación de un sistema semiautomático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de los parámetros de corte por serrado (aserrado), contribuirá al corte de perfiles metálicos en forma eficiente, optimizando recursos para dicho proceso en la empresa Industria Metálica Cotopaxi de la ciudad de Latacunga?

5.5.2. Planteamiento de la hipótesis de trabajo y nula

Hipótesis de trabajo: La implementación de un sistema para posicionamiento y corte depende de un análisis de los parámetros de corte.

Hipótesis nula: La implementación de un sistema para posicionamiento y corte es independiente del análisis de los parámetros de corte.

5.5.3. Designación de variables

Variable independiente: Corte de metales por arranque de viruta (serrado o aserrado).

Variable dependiente: Sistema semi-automático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos.

5.5.4. Valores observados

En la tabla 60, se presentan los valores de relación de dependencia existente entre las variables dependiente e independiente; las cuales fueron obtenidas de las pruebas realizadas. Esta escala va de 0 a 5; siendo 0 el mínimo valor de relación y 5 el máximo valor de relación.

Tabla 59. Valores observados

Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos	Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material	Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte	Corte del material con la sierra de cinta	Extracción del material cortado
Dependientes	5	5	5	1
Independientes	4	4	5	2

5.5.5. Valor de frecuencias esperadas y observadas

A continuación en las tablas 61 y 62 se observan las frecuencias observada y esperada respectivamente; para obtener los valores de cada frecuencia esperada se multiplica el total de cada columna y fila correspondiente a la celda que se desea obtener para la suma total.

**Tabla 60
Frecuencia observada**

Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos	Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material	Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte	Corte del material con la sierra de cinta	Extracción del material cortado	TOTAL
Dependientes	5	5	5	1	16
Independientes	4	4	5	2	15
TOTAL	9	9	10	3	31

**Tabla 61
Frecuencia esperada**

Sistema para posicionamiento y corte de perfiles metálicos	Ingreso de los parámetros relacionados al corte del material	Posicionamiento, sujeción y alimentación del material hacia el punto de corte	Corte del material con la sierra de cinta	Extracción del material cortado	TOTAL
Dependientes	3.5	4.5	4	0.5	13
Independientes	2	3.5	4.5	0.5	11
TOTAL	5.5	8.5	9	1	24

5.5.6. Cálculo del chi cuadrado

El valor de chi cuadrado se tiene de la ecuación siguiente.

$$x^2_{calc} = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

f_0 Frecuencia del valor observado

f_e Frecuencia del valor esperado

Reemplazando los valores de las tablas 61 y 62 en la Ec. 16 se tiene:

$$\begin{aligned} x^2_{calc} &= \frac{(5 - 3.5)^2}{3.5} + 2 \left(\frac{(5 - 4.5)^2}{4.5} \right) + \frac{(5 - 4)^2}{4} + \frac{(1 - 0.5)^2}{0.5} + \frac{(4 - 2)^2}{2} \\ &\quad + \frac{(4 - 3.5)^2}{3.5} + \frac{(2 - 0.5)^2}{0.5} \\ x^2_{calc} &= 0.64 + 0.11 + 0.25 + 0.5 + 2 + 0.07 + 4.5 \\ x^2_{calc} &= 8.07 \end{aligned}$$

5.5.7. Cálculo del grado de libertad y nivel de significancia

El valor del grado de libertad se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$v = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

Ec. 17

Reemplazando los respectivos valores se tiene:

$$\begin{aligned} v &= (2 - 1) * (4 - 1) \\ v &= 1 * 4 = 4 \\ v &= 4 \end{aligned}$$

El nivel de significancia es el error que se puede cometer al rechazar la hipótesis nula siendo verdadera; por lo general se trabaja con un nivel de significancia de 0.05 lo cual indica que hay una posibilidad del 95% de que la hipótesis nula sea verdadera

5.5.8. Análisis del chi cuadrado mediante tabla

Obtenidos el grado de libertad y el nivel de significancia, se obtiene el valor de chi cuadrado mediante la tabla en el ANEXO 15, siendo este:

$$x^2_{tabla} = 9.49$$

Para el análisis por chi cuadrado se tiene la siguiente condición:

Si $x^2_{calc} \leq x^2_{tabla}$, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de trabajo; mientras que si $x^2_{calc} > x^2_{tabla}$, entonces se acepta la hipótesis de trabajo y se rechaza la hipótesis nula.

De los resultados obtenidos se tiene:

$$x^2_{calc} = 8.07 \leq x^2_{tabla} = 9.49$$

Por tal razón se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de trabajo; esto quiere decir que la implementación de un sistema para posicionamiento y corte es independiente del análisis de los parámetros de corte.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema semi-automático para posicionamiento y corte de perfiles metálicos en base al análisis de optimización de los parámetros de corte por serrado, para la empresa “Industria Metálica Cotopaxi”.
- Se redujo el tiempo total del proceso de corte de perfiles metálicos, conformados por tiempos de preparación y corte respecto a los métodos existentes actualmente dentro de la empresa.
- Se verificó mediante pruebas y resultados la eficiencia mediante el uso del sistema en la máquina.
- Mediante un análisis comparativo de los procesos de corte conforme a la máquina-herramienta utilizada, se observó los beneficios obtenidos de optimizar los parámetros de corte; siendo los más notorios el acabado superficial, el tiempo de proceso, la cantidad de material a cortar (individual o por fajos).
- Se redujo la mano de obra que influye dentro del proceso, limitando la participación de un operador a un 20% correspondiente a la colocación del material en el sistema, ingreso y modificación de parámetros de corte y extracción de las piezas cortadas, brindándole al operador la posibilidad de desempeñar otras actividades mientras el proceso de corte se encuentre en ejecución.
- El diseño actual gracias a su sencillez proporciona mayor seguridad para el operador y la máquina, facilidad de uso y una mejor estética.
- Con la ayuda del análisis de rentabilidad, se pudo observar que limitando la participación de un operador en el proceso de corte, se puede reducir la inversión proporcional a un sueldo de un trabajador,

permitiendo de esta manera la recuperación total de la inversión inicial a partir del segundo año de producción.

- Debido a que dentro de la empresa se limita el uso de las herramientas para este tipo de máquinas, la selección de la misma se la puede realizar de manera más sencilla, puesto que únicamente se debe seleccionar entre cintas de sierra de diente fino o grueso, reduciendo en gran parte la gama existente dentro del mercado, de ser requerido gracias a sus proveedores existe la posibilidad de obtener sierras con especificaciones no convencionales para lo cual únicamente se requiere el largo total, ancho, espesor de la cinta y tipo de dientes.
- La implementación de un dispositivo de control más actualizado y con mayores prestaciones, permite la inclusión de dispositivos de control como variadores de frecuencia, sensores y actuadores que permiten un mejor y más eficiente control del proceso.
- La reingeniería aplicada al diseño de los tableros eléctricos proporciona ventajas como un mejor control, disposición y uso de los elementos como es el caso de los motores.

6.2.Recomendaciones

- Para mayor eficiencia del proceso, se sugiere la implementación del módulo de extracción de material, debiendo este tener la posibilidad de ser desmontable ya que la implementación del mismo sugiere un mayor espacio físico disponible.
- Leer minuciosamente el manual de operador, debido a que dentro de él se especifica información relacionada al correcto uso de la máquina, esto permite un mejor uso de los recursos.
- Seguir las instrucciones de seguridad y utilizar los equipos de protección descritas en los anexos.
- Dentro de la sección de anexos además se encuentra descritos el modo correcto de apilar el material para realizar un corte por fajos; así como las posibles fallas y sus respectivos métodos y soluciones a ser aplicadas para resolverlas.

- Para maximizar el uso de la máquina se recomienda realizar los cortes por fajos, de esta forma se obtiene el máximo de rendimiento con una disminución de tiempos de proceso apreciable.
- El espacio físico requerido por la parte posterior de la máquina se extiende a 5 metros adicionales debido a que se puede ingresar al sistema perfiles completos los cuales comercialmente poseen un largo de seis metros.
- Conforme al criterio de los patrocinadores del proyecto y según los requerimientos se recomienda implementar el módulo 4 cuando se disponga del espacio físico requerido o se implemente un mecanismo que cumpla esta función de similar manera (rodillo móvil regulable disponible en la planta).

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, C. (Septiembre de 2014). Repotenciación de una máquina-extrusora sopladora e implementación de un sistema de supervisión de forma local mediante una interface gráfica HMI y de forma remota vía internet, para la empresa NS INDUSTRIAS de la ciudad de Latacunga. (U. d. Mecatrónica, Ed.) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Mecatrónica.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- CORRALES W., G. L. (Junio de 2012). Diseño y construcción de un mecanismo de corte con interface HMI para una máquina trefiladora de varilla, para la empresa Muebles Arte Moderno y Ferrieconomía. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Latacunga/ESPE/2012.
- Denezhni, P. M. (1978). Teoría del corte de los metales. En P. M. Denezhni, *Manual del Tornero*. Moscú - URSS: Editorial MIR.
- KALPAKJIAN, S. (2002). *Manufactura ingeniería y tecnología* . México D.F.: PEARSON.
- L. Norton, R. (2009). *Diseño de maquinária*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- L.FEIRER, J. (s.f.). *Maquinado de metales con máquinas herramientas*. México: CONTINENTAL S.A.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*.
- Riba Romeva, C. (2008). *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Products, D. S. (s.f.). *directindustry.com*. Catálogo de DoALL Band Saw.pdf

NETGRAFÍA

Automation24. (2016). Obtenido de <http://www.automation24.es/sistemas-de-control/siemens-sm-1232-aa-6es7232-4hb32-0xb0-i101-1723-0.htm>

Automation24. (2016). Obtenido de <http://www.automation24.es/sistemas-de-control/panel-hmi-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0-i102-1729-0.htm>

Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*. México,D.F.: Mc Graw Hill.

CASTRO Luisa. (2015). *www.metalactual.com*. (L. CASTRO, Ed.) Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de www.metalactual.com: <http://www.metalactual.com/revista/11/maquinariasieras.pdf>

de *maquinas herramientas* . (s.f.). Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-corte/sierra-de-cinta-huincha>

Denezhni, P. M. (1978). Teoría del corte de los metales. En P. M. Denezhni, *Manual del Tornero*. Moscú - URSS: Editorial MIR.

EcuRed. (10 de 03 de 2012). <http://www.ecured.cu>. Recuperado el 17 de 08 de 2015, de <http://www.ecured.cu>: http://www.ecured.cu/index.php/Corte_de_metales

EDA, I. C. (2015). *Encoder Rotatorio*. Obtenido de <http://www.edaintromit.com/product/detail/197/Rotary-Encoder-ENA-Series>

ELECTRO INDUSTRIA. (Marzo de 2013). <http://www.emb.cl/electroindustria>. (M. Ltda., Ed.) Recuperado el 19 de Noviembre de 2015, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2020>

KALPAKJIAN, S. (2002). *Manufactura ingeniería y tecnología* . México D.F.: PEARSON.

- Kinco Electric, (. L. (2009). Obtenido de http://es.made-in-china.com/co_kinco-electric/image_HMI-Touch-Screen-for-PLC-Mt4404t-7-16-9-HMI-Touch-Screen_euggrnig_kZSEQovIYLbt.html
- MARTIN, J. (16 de 11 de 2002). <http://www.interempresas.net/>. Recuperado el 16 de 08 de 2015, de <http://www.interempresas.net/http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/26035-Parametros-y-condiciones-de-corte-en-MAV.html>
- Masvoltaje. (2014). *Automatización*. Obtenido de <http://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html>
- Masvoltaje. (2016). <http://masvoltaje.com>. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de [http://masvoltaje.com: http://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html](http://masvoltaje.com/http://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html)
- NOBAT, D. (s.f.). Obtenido de <http://www.danobatgroup.com/files/sierras-de-cinta-cp.pdf>
- Products, D. S. (s.f.). *directindustry.com*. Recuperado el 15 de 02 de 2017, de [directindustry.com: sawftp://ftp.doall.nl/Brochures/Band%20saw%20blades/2012%20DoALL%20ESP%20Band%20saw%20blade%20catalogue.pdf](http://directindustry.com/sawftp://ftp.doall.nl/Brochures/Band%20saw%20blades/2012%20DoALL%20ESP%20Band%20saw%20blade%20catalogue.pdf)
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 30 de 08 de 2016, de [Diccionario de la lengua española: http://dle.rae.es/?id=XgzZZdP](http://dle.rae.es/?id=XgzZZdP)
- Riba Romeva, C. (2008). *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

VOCABULARIO

IP: Índice de Protección / Grado de protección.

TPI/DPP: Teeth Per Inch / Dientes Por Pulgada.

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. **ALVARO ALEXANDER ZAPATA PANCHI**.

En la ciudad de Latacunga, a los **24 días del mes de febrero del 2017**.

APROBADO POR:


Ing. Héctor Terán
DIRECTOR DEL PROYECTO


Ing. Vicente Halló
DIRECTOR DE CARRERA
MECATRÓNICA


Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO