

**DISEÑO DEL SISTEMA DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA
ELECTRO-SOLDADA EN ALMASA S.A. SEDE BOGOTÁ**

LUIS FELIPE ROJAS GUERRERO
JUAN MANUEL RUEDA COLORADO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2020

**DISEÑO DEL SISTEMA DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA
ELECTRO-SOLADA EN ALMASA S.A. SEDE BOGOTÁ**

**LUIS FELIPE ROJAS GUERRERO
JUAN MANUEL RUEDA COLORADO**

Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO MECÁNICO

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

Nota de aceptación:



Jurado: Ingeniero Edgar Arturo Chala
Bustamante



Jurado: Ingeniero Oscar Chamarravi
Guerra

Bogotá D.C. Noviembre 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. MARIA CLAUDIA APONTE GONZALEZ

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director de Programa Ingeniería Mecánica

Ing. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento.

Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi mamá por darme la vida, las ganas de superarme y la sabiduría para asumir obstáculos que se presentan en el camino, a mi hermana por apoyarme en el transcurso de la carrera, por enseñarme la responsabilidad y rectitud y a Dios por darme la paciencia, entendimiento y días de vida para superar todas las pruebas.

Dedico este proyecto a mis abuelos, quienes me enseñaron lo que significa la perseverancia, la lucha y el buen camino, por apoyarme en esta ruta y ayudarme a ser un profesional.

Juan Manuel Rueda Colorado

A dios, porque me ha dado la fuerza, el conocimiento y la sabiduría para enfrentar todos los retos que se han aparecido en mi camino y en especial este de mis estudios profesionales, resultando como consecución del presente trabajo de grado. También a mi familia, empezando por mi mama la cual que frente cualquier adversidad ha sabido apoyarme, darme razones para salir adelante también por su esfuerzo y paciencia para que pueda cumplir este sueño y por ultimo a mi papa, el cual no me alcanza palabras para describir cómo me siento al saber de qué no va a estar el día que me vea cumplir unos de mis sueños y el principal paso para el resto; sé que muchos subestimamos el significado de ser un hijo, y solo el día que hace falta alguno de nuestros padres entendemos lo duro de saber que no está físicamente ahí cuando se necesitó; quiero que con este paso demostrarle lo orgulloso o que me siento de ser su hijo y de todas las enseñanzas que me dejo, sobre todo este dicho que siempre me decía “No importa lo complicada que sea la situación, siempre hay que sacar la cabeza para salir adelante”; Muchas Gracias papá . Además, quiero dedicarle esto a María ya que ha sido un símbolo importante de fortaleza, de orgullo y dedicación en mi vida; ya que siempre estuvo cuando la necesite y me apoyo en todo momento y espero que lo siga haciendo por mucho tiempo más, te veo. “Siempre disfruta las cosas pequeñas, porque son las que hacen diferente la vida”.

Luis Felipe Rojas Guerrero

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar a hasta estas instancias, regalándome la salud, inteligencia y asertividad para tomar decisiones.

A mi familia, por guiarme por el buen camino y ser un pilar en mi aprendizaje y formación personal.

A el ING. JUAN PABLO BARRETO SEGURA, director de mantenimiento de la empresa ALMASA S.A, por el apoyo incondicional y el suministro de información para el desarrollo de este proyecto.

A la empresa ALMASA S.A. por brindarnos su apoyo y la opción para la realización del proyecto.

A los profesores del comité de proyecto de grado por la paciencia y dedicación en este proyecto de grado.

Juan Manuel Rueda Colorado

Primero le quiero agradecer a Dios por permitirme lograr mis metas, superando las dificultades que se me han presentado y dándome fuerzas para afrontarlas. También quiero agradecer a mis padres por apoyarme en todos mis objetivos, a motivarme, a respaldarme siempre que lo he necesitado y me han hecho ser la persona que soy hoy día; en especial a mi papa que días antes de la entrega del trabajo de grado falleció y no tuvo oportunidad de verme graduar, por el cual lucho tanto y sé que sentiría orgulloso de verme culminar esta fase y de todos los logros que vienen de aquí en adelante. A mis amigos que fueron importantes en vivencias durante la universidad, pero sobre todo a los que fueron de gran ayuda en el desarrollo de este documento. Por último, quiero agradecer a esa persona que me apoyó en último tramo de mi universidad y que siempre creyó en mí a pesar de los problemas y adversidades; además de darme fundamentos y razones para nunca desfallecer. Además, a dos instituciones muy importantes, la primera Almasa S.A. la cual permitió realizar el trabajo de grado y por último a la Fundación Universidad de América por permitirme adquirir el conocimiento que poseo hoy día

Luis Felipe Rojas Guerrero

CONTENIDO

	pág.
1. LA EMPRESA	32
1.1 LA HISTORIA	32
1.2 MISIÓN	32
1.3 VISIÓN	32
1.4 PRODUCTOS Y SERVICIOS DE LA EMPRESA	32
2. MARCO TEÓRICO	34
2.1 MALLA ELECTROSOLDADA	34
2.2 MÁQUINA DE MALLA ELECTROSOLDADA	36
2.3 TIPOS DE ALAMBRE PARA MALLA ELECTROSOLDADA	41
2.4 ELECTRODO	42
2.5 TIPOS DE CIZALLAS PARA CORTE DE ACERO	43
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GUÍAS Y CORTE	45
3.1 EVALUAR LA HISTORIA DE LA MÁQUINA	45
3.1.1 Descripción del proceso de fabricación de malla electrosoldada	46
3.1.2 Determinar los puntos más críticos en el sistema de producción	52
3.1.3 Estudiar las causas de los puntos críticos	52
3.2 CARACTERIZAR EL SISTEMA DE GUÍAS	53
3.2.1 Evaluar el sistema actual	53
3.2.2 Estudiar las fallas en el sistema	54
3.3 CARACTERIZAR EL SISTEMA DE CORTE	55
3.3.1 Evaluar el sistema actual	55
3.3.2 estudiar las fallas en el sistema	56
3.4 EVALUAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO, FUNCIONALES Y DE OPERACIÓN	56
3.4.1 Parámetros de diseño	56
3.4.2 Parámetros funcionales	57
3.4.3 Parámetros de operación	57
4. REALIZAR EL DISEÑO CONCEPTUAL Y LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA SECCIÓN DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA ELECTRO-SOLDADA.	59

4.1 PLANTEAR TRES DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA DE GUÍAS, QUE CUMPLAN LAS NECESIDADES	59
4.1.1 Proponer las diferentes opciones de Guías	60
4.1.2 Desarrollar la lista de los “Qué” (Necesidades del cliente)	63
4.1.3 Analizar los “Qué”, clasificando los Qué según su importancia	63
4.1.4 Desarrollar la lista de los “Cómo”	70
4.1.5 Analizar los “Cómo”	71
4.1.6 Relacionar los “Qué” con los “Cómo”	71
4.1.7 Matriz de Evaluación	74
4.1.8 Selección de la alternativa más adecuada	75
4.2 PLANTEAR TRES DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA DE CORTE, QUE CUMPLAN LAS NECESIDADES	75
4.2.1 Proponer las diferentes opciones de Corte	76
4.2.2 Evaluar las alternativas mediante el método QFD en el Sistema de Corte	78
4.2.3 Desarrollar la lista de los “Qué” (Necesidades del cliente)	78
4.2.4 Analizar los “Qué”, clasificando los Qué según su importancia	79
4.2.5 Desarrollar la lista de los “Cómo”	85
4.2.6 Analizar los “Cómo”	86
4.2.7 Relacionar los “Qué” con los “Cómo”	86
4.2.8 Matriz de Evaluación	89
4.2.9 Selección de la alternativa más adecuada	89
5. DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	92
5.1 DETERMINAR PARÁMETROS INICIALES	92
5.2 DISEÑAR LA SECCIÓN DE GUÍAS	92
5.2.1 Dimensionar la sección de guías	93
5.2.2 Selección del material	93
5.2.3 Diseño estructural de la sección de guías	94
5.2.4 Selección del cilindro neumático	122
5.3 DISEÑAR LA SECCIÓN DE CORTE	130
5.3.1 Dimensionar la sección de corte	130
5.3.2 Cizallado	131
5.3.3 Selección del cilindro neumático	161
5.3.4 Sección neumática	170
5.3.5 Estructura sistema de corte	176

5.4 SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO PARA LA AUTPMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GUÍAS Y CORTE	205
5.5 MODELAMIENTO EN CONJUNTO, PLANOS	211
6. ELABORAR LOS MANUALES DE INSTALACIÓN, SEGURIDAD, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA SECCIÓN DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA ELECTROSOLDADA.	212
6.1 MANUALES DE LA SECCIÓN DE GUÍAS	212
6.1.1 Elaboración del manual de instalación	212
6.1.2 Elaboración del manual de Operación	221
6.1.3 Elaboración del manual de seguridad	224
6.1.4 Elaboración del manual de Mantenimiento	230
6.2 MANUALES DE LA SECCIÓN DE CORTE	236
6.2.1 Elaboración del manual de instalación	236
6.2.2 Elaboración del manual de Operación	248
6.2.3 Elaboración del manual de seguridad	251
6.2.4 Elaboración del manual de Mantenimiento	257
7. EVALUAR FINANCIERA Y AMBIENTALMENTE EL PROYECTO.	262
7.1 EVALUACIÓN FINANCIERA	262
7.1.1 Evaluación actual	262
7.1.2 Evaluación del proyecto	266
7.1.3 Análisis	275
7.2 ANÁLISIS AMBIENTAL	276
7.2.1 Actividades	276
7.2.2 Aspecto Ambiental	276
7.2.3 Componente Ambiental Asociado	276
7.2.4 Impacto ambiental	276
7.2.5 Controles Existentes	276
7.2.6 Evaluación	276
8. CONCLUSIONES	280
9. RECOMENDACIONES	282

BIBLIOGRAFIA	282
ANEXOS	286

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Tipos de malla electrosoldada	34
Imagen 2. Malla electrosoldada tipo rollo	35
Imagen 3. Malla electrosoldada estándar	36
Imagen 4. Logo Secure Fencing Products	37
Imagen 5. Logo Jacom Group	38
Imagen 6. Logo Schlatter group	38
Imagen 7. Cizalla de pinzas	43
Imagen 8. Cizalla de cuchillas paralelas	44
Imagen 9. Cizalla de cuchilla inclinada	44
Imagen 11. Carretes de alambre	47
Imagen 13. Sistemas de Guías	47
Imagen 14. Pila de varillas	48
Imagen 15. Sistema de Soldado	48
Imagen 16. Sección de corte y enrollado	49
Imagen 17. Rodillos para el embalaje	50
Imagen 18. Sistemas de Guías	54
Imagen 19. Área del Sistema de corte	55
Imagen 20. Cambio de material	61
Imagen 21. Sistema Neumático	62
Imagen 22. Plano del actual del electrodo	62
Imagen 23. Hoja de Guadaña	77
Imagen 24. Cizallas Neumáticas	77
Imagen 25. Guillotina Hidráulica	78
Imagen 26. Diagrama de fuerzas	95
Imagen 27. Diagrama de fuerza cortante	96
Imagen 28. Diagrama de momento flector	99
Imagen 29. Viga sistema de guía	100
Imagen 30. Desplazamiento total de la viga	102
Imagen 31. Esfuerzos aplicados a la viga	102
Imagen 32. Sección de viga con mayor esfuerzo	103
Imagen 33. Desplazamiento total de la viga	104
Imagen 34. Esfuerzos aplicados a la viga	104
Imagen 35. Desplazamiento total de la viga	105
Imagen 36. Esfuerzos aplicados a la viga	106
Imagen 37. Soporte de la viga	106
Imagen 38. Diagrama de cuerpo libre del soporte de viga	107
Imagen 39. Diagrama de fuerza cortante del soporte de viga	108
Imagen 40. Diagrama de momento flector del soporte de viga	109
Imagen 41. Modelado del soporte de viga	112

Imagen 42. Desplazamiento del soporte de la viga	114
Imagen 43. Esfuerzos del soporte de la viga	114
Imagen 44. Sección crítica del soporte de la viga	115
Imagen 45. Desplazamiento del soporte de la viga	116
Imagen 46. Esfuerzos del soporte de la viga	116
Imagen 47. Desplazamiento del soporte de la viga	117
Imagen 48. Esfuerzos del soporte de la viga	118
Imagen 49. Carcasa de inserción	119
Imagen 50. Carcasa de inserción	119
Imagen 51. Carcasa sin rodillo	120
Imagen 52. Carcasa con rodillo	121
Imagen 53. Carcasas ensambladas	121
Imagen 54. Cargas distribuidas en viga horizontal	123
Imagen 55. Ubicación de cilindros neumáticos	123
Imagen 56. Diagrama de cuerpo libre	124
Imagen 57. Selección de características del Cilindro	125
Imagen 58. Selección de datos	126
Imagen 58. Selección de datos	126
Imagen 59. Espacio disponible para el sistema de corte	131
Imagen 60. Ángulos de cuchilla en una cizalla	133
Imagen 61. Ángulos entre cuchillas	134
Imagen 62. Ángulos entre cuchillas	135
Imagen 63. Espacio de corte	141
Imagen 64. Perfil de las cuchillas	145
Imagen 65. Pasador con cabeza Din 1436 forma b	150
Imagen 66. Pin R	151
Imagen 67. Pasador, cuchillas y sujetador	152
Imagen 67. Distancia mínima	157
Imagen 68. Pasador, cuchillas y sujetador	159
Imagen 69. Características cilindros compactos ADN	162
Imagen 70. Datos requeridos para selección e cilindros	162
Imagen 71. Datos requeridos para selección e cilindros	163
Imagen 72. Datos requeridos para selección e cilindros	163
Imagen 73. Datos requeridos para selección e cilindros	164
Imagen 74. Cilindros compactos ADN A-P-A	164
Imagen 75. Sujeción a la cuchilla	165
Imagen 76. Tuerca complemento del cilindro compacto	166
Imagen 77. Elemento roscado del cilindro	166
Imagen 78. Sección roscada (Vista frontal)	167
Imagen 79. Parte superior del sujetador de la cuchilla	167
Imagen 80. Válvula 5/2 biestable	171

Imagen 81. Tubo flexible PUN-DUO	171
Imagen 82. Uniones en T	172
Imagen 83. Unidad de mantenimiento tipo d	173
Imagen 84. PLC S7-1200	173
Imagen 85. Módulo de entradas digitales	174
Imagen 86. Componentes del PLC S7-1200	175
Imagen 87. Placa de soporte de cilindro neumático	177
Imagen 88. Diagrama de cuerpo libre	177
Imagen 89. Diagrama de fuerzas cortantes	178
Imagen 90. Diagrama de momento flector	181
Imagen 91. Modelado placa de soporte de cilindros neumáticos	182
Imagen 92. Desplazamiento de la placa	184
Imagen 93. Esfuerzos en la placa	185
Imagen 94. Esfuerzos máximos en la placa	185
Imagen 95. Desplazamiento de la placa	186
Imagen 96. Esfuerzos en la placa	187
Imagen 97. Desplazamiento de la placa	187
Imagen 97. Esfuerzos en la placa	188
Imagen 98. Calculo viga horizontal	189
Imagen 99. Diagrama de cuerpo libre	189
Imagen 100. Diagrama de cuerpo libre	190
Imagen 101. Diagrama de fuerza cortante	190
Imagen 102. Diagrama de momento flector	193
Imagen 103. Modelado viga horizontal de soporte	194
Imagen 104. Desplazamiento de la viga	196
Imagen 105. Esfuerzos en la viga	197
Imagen 106. Desplazamiento de la viga	198
Imagen 107. Esfuerzos en la viga	198
Imagen 108. Desplazamiento de la viga	199
Imagen 109. Esfuerzos en la viga	200
Imagen 110. Calcula viga vertical de soporte	200
Imagen 111. Soldadura de la estructura del sistema de corte	202
Imagen 112. Diseño del sistema de corte	205
Imagen 113. Programación del PLC	206
Imagen 114. Entradas digitales del PLC	207
Imagen 115. Salidas digitales	207
Imagen 117. Programación paro de emergencia	209
Imagen 118. Representación Fluid Sim	210
Imagen 119. Modelamiento del conjunto	211
Imagen 120. Carcasa de alimentación	214
Imagen 121. Carcasa de rodillos	214

Imagen 122. Inspeccionar	215
Imagen 123. Unión placa de soporte	216
Imagen 124. Unión placa cilindro	217
Imagen 125. Asegurar cilindros	217
Imagen 126. Asegurar carcasas	218
Imagen 127. Unidad de mantenimiento tipo d	219
Imagen 128. Manguera Pun 6mm	219
Imagen 129. Válvula biestable 5/2	220
Imagen 130. Uniones en T	221
Imagen 131. Botones de mando	223
Imagen 132. Recomendaciones	225
Imagen 133. Epp´s	226
Imagen 134. Etiquetación de fuentes de energía	227
Imagen 135. Evitar arranque de la maquina	227
Imagen 136. Señal de peligro	228
Imagen 137. Evitar uso	228
Imagen 138. Extintores	229
Imagen 139. Botiquín	230
Imagen 140. Cuchilla móvil	236
Imagen 141. Cuchilla fija	237
Imagen 142. Cilindro compacto	237
Imagen 143. Sujetador de cuchilla	238
Imagen 144. Instalación mesa-viga vertical	239
Imagen 145. Instalación vigas verticales y horizontales	240
Imagen 146. Instalación vigas horizontales y placa de soporte superior	241
Imagen 147. Instalación completa de la estructura para sistema de corte	241
Imagen 148. Instalación conjunta de cuchillas superiores	242
Imagen 149. Instalación conjunta de cuchillas superiores	242
Imagen 150. Instalación conjunta de cuchillas superiores	242
Imagen 151. Instalación conjunta de actuadores y cuchillas superiores	244
Imagen 152. Instalación conjunta de actuadores y cuchillas superiores	244
Imagen 153. Instalación de cuchillas inferiores	245
Imagen 154. Instalación de cuchillas inferiores	245
Imagen 155. Unidad de mantenimiento tipo d	246
Imagen 156. Manguera Pun 6mm	246
Imagen 157. Válvula biestable 5/2	247
Imagen 158. Uniones en T	248
Imagen 167. Botón de mando	250
Imagen 159. Recomendaciones	252
Imagen 160. Epp´s	253
Imagen 161. Etiquetación de fuentes de energía	253

Imagen 162. Evitar arranque de la maquina	254
Imagen 163. Señal de peligro	254
Imagen 164. Evitar uso	255
Imagen 165. Extintores	256
Imagen 166. Botiquín	256

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Designación, diámetros, separación y cuantía de refuerzo principal para malla electrosoldada especial con grafil	42
Tabla 2. Características de las mallas	58
Tabla 3. Importancia de los “Qué”	63
Tabla 4. Estado actual de los “Qué”	65
Tabla 5. Evaluación de las alternativas	66
Tabla 6. Objetivo de los “Qué”	67
Tabla 7. Ratio de mejora de los “Qué”	67
Tabla 8. Argumento de venta de los “Qué”	68
Fuente. elaboración propia, con base en programa EXCEL	68
Tabla 9. Ponderación de los “Qué”	69
Tabla 10. Orden de importancia de los “Qué”	70
Tabla 11. Relación de los “Cómo”	71
Tabla 12. Orientación de los “Cómo”	72
Tabla 13. Operación extra de los “Como”	72
Tabla 14. Ponderaciones de los “Como”	72
Tabla 15. Matriz QFD del sistema de guías	74
Tabla 16. Importancia de los “Que”	79
Tabla 17. Estado actual de los “Que”	80
Tabla 18. Evaluación de las alternativas.	81
Tabla 19. Objetivo de los “Que”	82
Tabla 20. Ratio de mejora de los “Que”	82
Tabla 21. Argumento de venta de los “Que”	83
Tabla 22. Ponderación de los “Que”	84
Tabla 23. Orden de importancia de los “Que”	85
Tabla 24. Relación de los “Como”	86
Tabla 25. Orientación de los “Como”	87
Tabla 26. Operación extra de los “Como”	88
Tabla 27. Ponderaciones de los “Como”	88
Tabla 28. Matriz QFD del sistema de corte	89
Tabla 29. Tabla de propiedades del estudio	100
Tabla 30. Tabla de propiedades del material de la viga	101
Tabla 31. Tabla de propiedades de la malla	101
Tabla 32. Tabla de propiedades de la malla	103
Tabla 33. Tabla de propiedades de la malla	105
Tabla 34. Tabla de propiedades del estudio	112
Tabla 35. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga	113
Tabla 35: Tabla de propiedades de la malla	113
Tabla 36. Tabla de propiedades de la malla	115

Tabla 37. Tabla de propiedades de la malla	117
Tabla 38. Sección de viga con mayor esfuerzo	133
Tabla 38. Dureza y tenacidad al impacto	139
Tabla 39. Cálculo de esfuerzos de las cuchillas	147
Tabla 39. SAE 1045	148
Tabla 40. Cálculo de esfuerzos de las láminas del sujetador	149
Tabla 41. SAE 1025	153
Tabla 42. SAE 1045	153
Tabla 43. Datos del sujetador	165
Tabla 44. Datos del sistema de sujeción parte superior	168
Tabla 45. Tabla de propiedades del estudio	183
Tabla 46. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga	183
Tabla 47. Tabla de propiedades de la malla	184
Tabla 48. Propiedades de la malla	186
Tabla 49. Propiedades de la malla	187
Tabla 50. Tabla de propiedades del estudio	195
Tabla 51. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga	195
Tabla 52. Tabla de propiedades de la malla	196
Tabla 53. Propiedades de la malla	197
Tabla 54. Propiedades de la malla	199
Tabla 55. Tipo de electrodo	204
Tabla 56. Tabla del Reporte preoperacional	222
Tabla 57. Ruta de mantenimiento	231
Tabla 57. Continuación	232
Tabla 57. Continuación	233
Tabla 58. Repuestos mínimos de la sección de corte	234
Tabla 59. Tabla de torques	235
Tabla 60. Tabla de reporte preoperacional	249
Tabla 61. Ruta de mantenimiento	258
Tabla 62. Repuestos mínimos de la sección de corte	259
Tabla 63. Tabla de torques	261
Tabla 64. Costo operacional	262
Tabla 65. Costo de mantenimiento	263
Tabla 66. Ventas del 2018	264
Tabla 67. Ventas del 2019	264
Tabla 69. Presupuesto de costo de materiales sistema de corte.	267
Tabla 70. Total de presupuesto	267
Tabla 71. Presupuesto costo de fabricación del sistema de guías	268
Tabla 72. Presupuesto costo de fabricación del sistema de corte	269

Tabla 73. Presupuesto costo de fabricación	270
Tabla 74. Costos por talentos humanos	270
Tabla 75. Costos por fuentes tecnológicas	271
Tabla 76. Otros egresos	271
Tabla 77. Total costos de ingeniería	272
Tabla 78. Tabla de inversión total	272
Tabla 81. Matriz ambiental	278

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Hoja de vida de la maquina	pág. 51
Cuadro 2. Fórmula para la fuerza	202

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Grafica 1. Importancia de los “Qué”	64
Grafica 2. Importancia de los “Que”	80
Grafica 3. Fuerza transversal admisible	127
Grafica 4. Tabla comparativa de tenacidad y resistencia al desgaste	137
Grafica 5. Diagrama del revenido	139

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Plano isométrico del estado actual de la maquina	45
Figura 2. Juego del cizallado	132
Figura 3. Viga de soporte de guías	213

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Diagrama de Flujo del proceso	40
Diagrama 2. Diagrama de caja negra	60
Diagrama 3. Diagrama de caja negra del sistema de corte.	76
Diagrama 4. Estructura del sistema de corte	130
Diagrama 5. Diagrama espacio-fase	170
Diagrama 6. Flujo de caja del estado actual	265
Diagrama 7. Flujo de caja del proyecto	273

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Medida de rigidez o resistencia a la flexión	96
Ecuación 2. Ecuación de flexión	99
Ecuación 3. Esfuerzo máximo	111
Ecuación 4. Relación fuerza, presión y área	128
Ecuación 5. Área de un círculo	128
Ecuación 6. Juego de cizallas	132
Ecuación 7. Fuerza de corte	135
Ecuación 8. Ley de Hooke	143
Ecuación 9. Factor de seguridad	144
Ecuación 10. Esfuerzos Cortantes	154
Ecuación 11. Elementos de fijación escalonada	155

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo a: hoja de vida de la maquina	288
Anexo b: catalogo perfil tipo sol	290
Anexo c: ficha tecnica malla electrosoldada tipo rollo almasa s.a.	292
Anexo d: electrodos	293
Anexo e: características de los aceros	294
Anexo f: acero sisa s7	295
Anexo g: acero sisa d2	297
Anexo h: acero sisa a2	299
Anexo i: acero sisa cr8	301
Anexo j: acero astm a 681	303
Anexo k: acero sae 1020 y 1045	304
Anexo l: información de los tornillos	309
Anexo m: planos de fabricación	310
Anexo n: características del cilindro compacto adn-150-50-a-p-a	311
Anexo ñ: manual de operación e instalación de los cilindros adn	312
Anexo o: manual de operación e instalación de la manguera tipo pun-duo 6mm	313
Anexo p: manual de operación e instalación de la unidad de mantenimiento tipo d	314
Anexo q: manual de operación e instalación de las válvulas biestables 5/2	315

RESUMEN

En el desarrollo del proyecto de grado titulado, Diseño del sistema de guías y corte de la máquina de malla electrosoldada en Almasa S.A. sede Bogotá, se da inicio con la recolección de información, tanto por parte de la empresa en cuanto a funcionamiento, proceso y operación de la máquina de malla electrosoldada, como de información teórica, como, por ejemplo, empresas fabricantes de la máquina mundialmente, procesos que maneja la máquina generalmente, sistemas de corte. A continuación, se realizó la determinación de los puntos críticos en la máquina, para de esta manera, determinar las causas de los mismos; finalmente se determinaron los parámetros de diseño, funcionalidad y operación de la máquina de malla electrosoldada.

Posteriormente, se determinaron alternativas para la solución a las fallas encontradas en los puntos críticos anteriormente mencionados, para lo cual se desarrollaron tres para cada sistema, en donde, a partir del método de QFD, se calcularon los “qué” determinantes para cada sistema y se evaluó numéricamente cada uno con respecto a la relevancia que tuviera, de la misma manera se determinaron los “cómo”, los cuales son un tipo de respuesta a los “qué” planteados, donde de la misma manera se determinan numéricamente, para finalmente a través de la matriz principal de QFD determinar la mejor opción para el sistema ya sea de guías o de corte.

Consecutivamente, se realizó el diseño detallado de la alternativa seleccionada, la cual inicio con la selección del material de los sistemas, se tomó primero el sistema de guías, donde se calculó las piezas de soporte y el sistema neumático que realizaría el movimiento de las mismas, después se pasó al sistema de corte, donde se calculó el material que tendría la cuchilla, y por consiguiente, los cálculos de la cuchilla, continuo a esto, se calculó la estructura que daría soporte al sistema como tal y finalmente se presentó el programa neumático para el funcionamiento del sistema de corte y de guías.

Próximo a esto, se realizaron los manuales de operación, mantenimiento, seguridad e instalación de los sistemas de guías y de corte, estos con la finalidad de aumentar la confiabilidad de la máquina y el uso de la misma, así como la puesta a punto de la máquina. Para lo último del proyecto, se evalúa tanto económica como financieramente, ya que se realiza el cálculo de los costos y se determina la viabilidad del proyecto con el costo anual equivalente, comparando el sistema actual de la empresa basada en costos, con la suposición de la modificación para la máquina de malla electrosoldada y aparte de la evaluación económica, se realiza una evaluación ambiental, determinando la matriz ambiental y la afectación del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Malla electrosoldada, máquina, diseño, corte, guías, sistema, sección, proceso, información, neumática.

ABSTRACT

In the development of the degree project titled, Design of the system of guides and cutting of the machine of electrowelded mesh in Almasa S.A. headquarters Bogota, begins with the collection of information, both on the part of the company in terms of operation, process and operation of the electro-welded mesh machine, as theoretical information, such as, for example, machine manufacturing companies worldwide, processes that handle the machine generally, cutting systems. Then, the determination of the critical points in the machine was carried out, to this way, determine the causes of them; finally, they determined the parameters of design, functionality and operation of the electro-welded mesh machine.

Subsequently, alternatives were determined for the solution to the faults found in the critical points mentioned above, for which three were developed for each system, where, from the QFD method, the "what's" were calculated determinants for each system and were evaluated numerically each with respect to the relevance that had, in the same way were determined the "how", which are a type of response to the "what" posed, where in the same way are determined numerically, to finally through the main matrix of QFD determine the best option for the system either for guides or cutting.

Consecutively, the detailed design of the selected alternative was carried out, which began with the selection of the material of the systems, the guide system was taken first, where the support parts and the pneumatic system that would perform the movement of the same were calculated, then passed to the cutting system, where the material that would hold the blade was calculated, and consequently the calculations of the blade, continuous to this, the structure that would support the system as such was calculated and finally the pneumatic program for the operation of the cutting system and guides was presented. Next to this, the operation, maintenance, safety and installation manuals of the guide and cutting systems were made, these with the purpose of increasing the reliability of the machine.

Consecutively, the detailed design of the selected alternative was carried out, which began with the selection of the material of the systems, the guide system was taken first, where the support parts and the pneumatic system that would perform the movement of the same were calculated, then passed to the cutting system, where the material that would hold the blade was calculated, and consequently the calculations of the blade, continuous to this, the structure that would support the system as such was calculated and finally the pneumatic program for the operation of the cutting system and guides was presented. Next to this, the operation, maintenance, safety and installation manuals of the guide and cutting systems were made, these with the purpose of increasing the reliability of the machine.

KEYWORDS: Electro-welded mesh, machine, design, cut, guides, system, section, process, information, pneumatic.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria dedicada a la fabricación de material para construcción se encuentra en auge, debido al aumento de proyectos del mismo campo, por ende, ha generado que las empresas dedicadas al proceso de fabricación de este tipo de elementos mejoren su infraestructura y por ende su maquinaria para poder cumplir con la demanda generada por este sector de construcción.

La empresa Almasa S.A, dedicada a la laminación, figuración y trefilación, con un recorrido en el mercado de más de 60 años, los cuales han proporcionado un posicionamiento como líder en el sector de la transformación del acero, la cual se ve reflejada en sus tres plantas de producción, ubicadas en Bogotá, Girardota y Barranquilla.¹

En la industria del acero, la empresa Almasa S.A, es muy conocida por su actividad principal la cual es la fabricación de malla electro-soldada, la cual cuenta con certificación por parte del instituto colombiano de normas técnicas (ICONTEC), por la resolución 0277 de 2015 “Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para refuerzo de concreto que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia”².

La malla electro-soldada como producto principal de la empresa, es una estructura formada por alambres ubicados de forma transversal, los cuales se unen a partir de una soldadura de punto por resistencia eléctrica, actuando como electrodo el elemento cobre para finalmente ser enrollada por secciones de 18 metros de longitud.

Teniendo en cuenta el reglamento técnico en el cual la empresa se encuentra certificada, la manera actual por la cual se lleva a cabo la fabricación de la malla electro-soldada necesita una actualización en sistemas críticos de la máquina. El sistema que se va a intervenir en la máquina debe cumplir con parámetros necesarios para la fabricación de malla-electrosoldada.

En todas las empresas, es necesario contar con equipos que estén a la vanguardia tecnológica; de tal manera que pueda responder a la demanda del mercado, así evitar perder su clientela y tener la posibilidad de ampliarla. Actualmente, en Colombia está sufriendo un aumento en los proyectos de inclusión social, en los cuales la construcción es la base principal; esto exige que la producción de malla electro-soldada se eleve para poder alcanzar la necesaria.

¹ ALMASA S.A. Nosotros. [En línea] Disponible en:
<http://www.almasa.com.co/nosotros>

² LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA. RT Malla electrosoldada resolución 0277 de 2015. [En línea] Disponible en:
http://www.andi.com.co/Uploads/RT%20Malla%20electrosoldada%20resoluci%C3%B3n%200277%20de%202015_636536179525972681.pdf

La empresa Almasa S.A., desarrolla sus actividades bajo la certificación de Icontec 0277, la cual los califica por sus altos estándares. Este proyecto busca cubrir la demanda generada por el incremento de los proyectos, por eso es de vital importancia, eliminar tiempos muertos generados por la falta de tecnología de la máquina, evitando la pérdida de materiales y la disminución de calidad del producto.

Por esta razón se quiere que este proyecto sea de gran importancia para la empresa Almasa S.A., ya que le aportara el diseño y la tecnología necesaria que supla las necesidades del mercado, que mantenga posicionado a la compañía con unas de las más importantes del país, en este sector.

OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos bajo los cuales estará guiado al desarrollo de este proyecto.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de guías y corte de la máquina de malla electro-soldada de Almasa S.A., Sede Bogotá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los sistemas de guías y corte de la máquina de malla electro-soldada.
- Realizar el diseño conceptual y la evaluación de las alternativas para la sección de guías y corte de la máquina de malla electro-soldada.
- Diseñar de manera detallada la alternativa escogida para la sección de guías y corte de la máquina de malla electro-soldada.
- Elaborar los manuales de instalación, seguridad, operación y mantenimiento de la sección de guías y corte de la máquina de malla electro-soldada.
- Evaluar financiera y ambientalmente el proyecto.

1. LA EMPRESA

El capítulo que se presenta a continuación, expondrá información precisa de la empresa en la cual se desarrollará el proyecto, teniendo en cuenta el apoyo de la misma para la opción de grado del pregrado ingeniería mecánica en la Fundación Universidad de América.

1.1 LA HISTORIA

Alambres y Mallas S.A. (Almasa) es una compañía colombiana, con un recorrido en el mercado de más de 60 años, los cuales han generado una gran confianza para ubicarse en una de las empresas líderes en la transformación del acero; la compañía cuenta con un total de tres plantas de producción ubicadas en Bogotá, Girardota y Barranquilla, con las cuales generan procesos de laminación, figuración y trefilación.

Almasa es una empresa enfocada en valores corporativos como lo son el respeto, equidad, honestidad y compromiso, los cuales generan una alternativa significativa para los clientes a la hora de adaptar los productos y servicios que ofrecen a las necesidades que se generen

1.2 MISIÓN

Generar SEGURIDAD, CONFIANZA y CALIDAD con productos derivados del acero mediante su transformación y comercialización con destino a la construcción, el comercio, la industria metalmecánica y el agro generando valor a nuestros grupos de interés.³

1.3 VISIÓN

2020

- 1 · Ser referente del mercado trefilado y figurado en el país con el mayor número de productos y servicios innovadores
- 2 · Ser reconocidos como uno de los 20 mejores lugares para trabajar en Colombia⁴

1.4 PRODUCTOS Y SERVICIOS DE LA EMPRESA

La empresa Almasa S.A. se enfoca en la fabricación de productos de construcción como lo son los alambres con o sin recubrimiento, los cuales son elaborados a partir del proceso de trefilado, además de estos, también realizan procesos de laminado para producir barra, cuadrado y platina laminada.

³ ALMASA S.A. Nosotros. [En línea] [Consultado el 1 de diciembre de 2019] Disponible en: <http://www.almasa.com.co/nosotros>.

⁴ Ibid.

Estos productos son realizados con procesos de trefilado, laminado y figurado, cumpliendo con parámetros cruciales para la seguridad tanto de los operarios como de los clientes y manipuladores de dichos productos; entre estos productos encontramos barras calibradas o corrugadas, platinas, alambre con tratamientos, acero figurado, barras cuadradas, joist, gaviones con o sin recubrimiento en PVC, canastas de pilotes, malla electrosoldada estandarizada o rollo, canastillas pasajuntas, malla eslabonada, alambre de púas, entre otros. Como se puede comprobar con los productos ofrecidos por la empresa, se trata de transformación y manejo del acero.⁵

⁵ ALMASA S.A. [En línea] [Consultado el 1 de diciembre de 2019] Disponible en: <http://www.almasa.com.co>

2. MARCO TEÓRICO

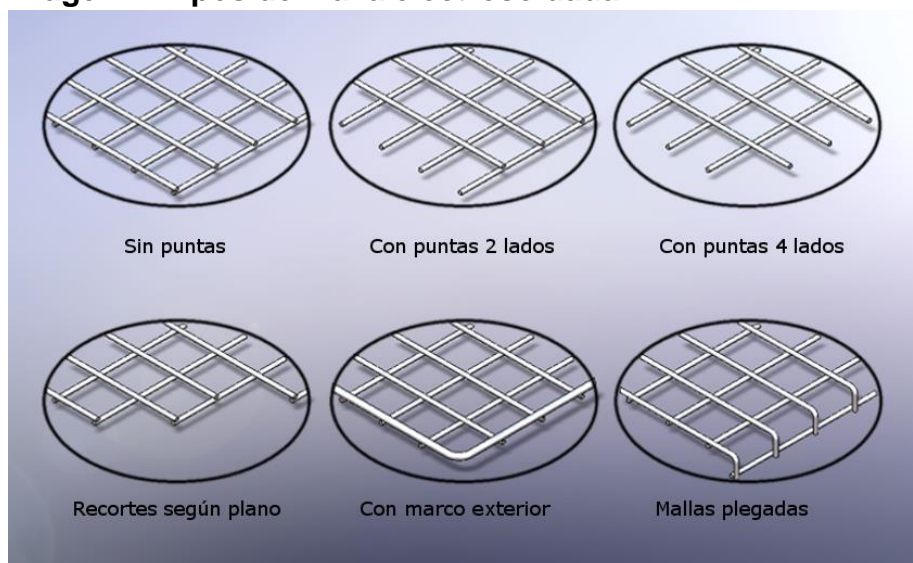
En este capítulo se va a explicar conceptos necesarios para el desarrollo del proyecto de grado el cual se basa en el diseño del sistema de guías y corte de la máquina de malla electrosoldada en Almasa S.A.

2.1 MALLA ELECTROSOLDADA

La malla electrosoldada es una estructura formada a partir de alambre de acero al carbono liso o grafilado, dispuestos en forma perpendicular, unidos por una soldadura de punto o mejor llamada por resistencia eléctrica.⁶

Esta estructura puede conseguirse en el mercado de diferentes maneras según su necesidad, como lo es, sin puntas, con puntas dos lados, con puntas cuatro lados, recortes según plano, con marco exterior y mallas plegadas.

Imagen 1. Tipos de malla electrosoldada



Fuente: METALMALLA & BEICO S.L. [En Línea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020]
Disponible: <http://metalmallaybeico.com/productos/malla-electrosoldada/>

⁶ ALMASA S.A. Malla electrosoldada rollo. [En línea] [Consultado el 3 de diciembre de 2019] Disponible en: <https://almasa.com.co/soy-constructor/44--malla-electrosoldada-rollo.html>

La malla electrosoldada en Colombia esta estandarizada de acuerdo a la longitud, la cual se clasifica en malla electrosoldada tipo estándar, malla electrosoldada tipo rollo y malla electrosoldada especializada; estos diferentes tipos de mallas son presentados para la comodidad del cliente enfocado en la necesidad que presente.

Imagen 2. Malla electrosoldada tipo rollo



Fuente: ALMASA S.A. [En Linea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020]. Disponible: <http://www.almasa.com.co/media/construccion/construccion.pdf>

Imagen 3. Malla electrosoldada estándar



Fuente: CONSTRUSHOP. [En Línea].
[Consultado: 6 de enero del 2020] Disponible:
<https://construshop.com.co/producto/malla-electrosoldada-3-4-y-5mm/>

La malla electrosoldada es fabricada principalmente para proyectos de construcción o minería, la cual funciona como refuerzo para muros de concreto⁷, para lo cual existe la norma técnica colombiana 0277 de 2015, la cual expide los requerimientos para la fabricación, comercialización e importación de malla electrosoldada en el país; otro uso que se le da a la malla electrosoldada es la de cerramientos como, por ejemplo, galpones, cerramientos agropecuarios y barreras domésticas.

2.2 MÁQUINA DE MALLA ELECTROSOLDADA

Es un conjunto de módulos unificados, con los cuales por medio de diferentes procesos generan métodos de fabricación de malla electrosoldada, la máquina nace a partir de la necesidad por parte de las empresas del sector de construcción por generar malla electrosoldada de calidad para el reforzamiento de muros de concreto, ya que anteriormente el proceso era totalmente manual y por lo tanto nulo industrialmente.

⁷ COLOMBIA, MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Resolución 0277 de 2015. (2, febrero, 2015) Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para refuerzo de concreto que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia. En: Asociación nacional de empresarios de Colombia. Bogotá D.C. 2015. 3P.

La máquina de malla electrosoldada a través de los años ha mejorado su proceso debido a las actualizaciones constantes por parte de entes fabricantes de la misma, mundialmente las más conocidas son las marcas Schlatter Group, la cual es una empresa suiza fundada en 1916 por Hans A. Schlatter, el cual a partir de la primera guerra mundial internacionalizó el proceso de soldadura por resistencia eléctrica, actualmente la empresa es pionera en la fabricación de máquinas para el sector de soldadura⁸; la empresa Jacom Group es una empresa mexicana dedicada a la transformación de acero y a la fabricación de máquinas para el mismo sector, esta empresa fue fundada en 1978 para suplir los requerimientos de empresas constructoras en el contexto de materia prima, actualmente Jacom es una empresa líder en Colombia, Estados Unidos, Perú y México⁹, por otro lado, la empresa Secure Fencing Products, la cual fue fundada en Nueva Delhi, India en el 2002, la cual fabrica máquinas para el proceso de fabricación de malla electrosoldada, esta empresa cuenta con gran reconocimiento en el sector en el continente asiático gracias a sus máquinas con buenos acabados, durabilidad y diseño robusto de las estructuras¹⁰.

Imagen 4. Logo Secure Fencing Products



Fuente: SECURE FENCING.
[En Línea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020].
Disponible: <https://www.securefencingproducts.in/>

⁸ Schlatter the secure group. History. [En Línea]. [Consultado: 9 de diciembre del 2019] Disponible en: <https://www.schlattergroup.com/en/about-us/history/>

⁹ JACOM GROUP. Quienes somos. [En línea] [Consultado: 9 diciembre de 2019] Disponible en: <https://jacomgroup.com/quienes-somos/>

¹⁰ Secure fencing products, about us. [En línea] [Consultado: 9 diciembre de 2019] Disponible en: <https://www.securefencingproducts.in/profile.html>

Imagen 5. Logo Jacom Group



Fuente: JACOM STRATEGIC ALLIES. [En Línea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020] Disponible: <https://jacomgroup.com/>

Imagen 6. Logo Schlatter group



the secure connection

Fuente: SCHLATTER THE SECURE GROUP. [En Línea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020] Disponible: <https://www.schlattergroup.com/>

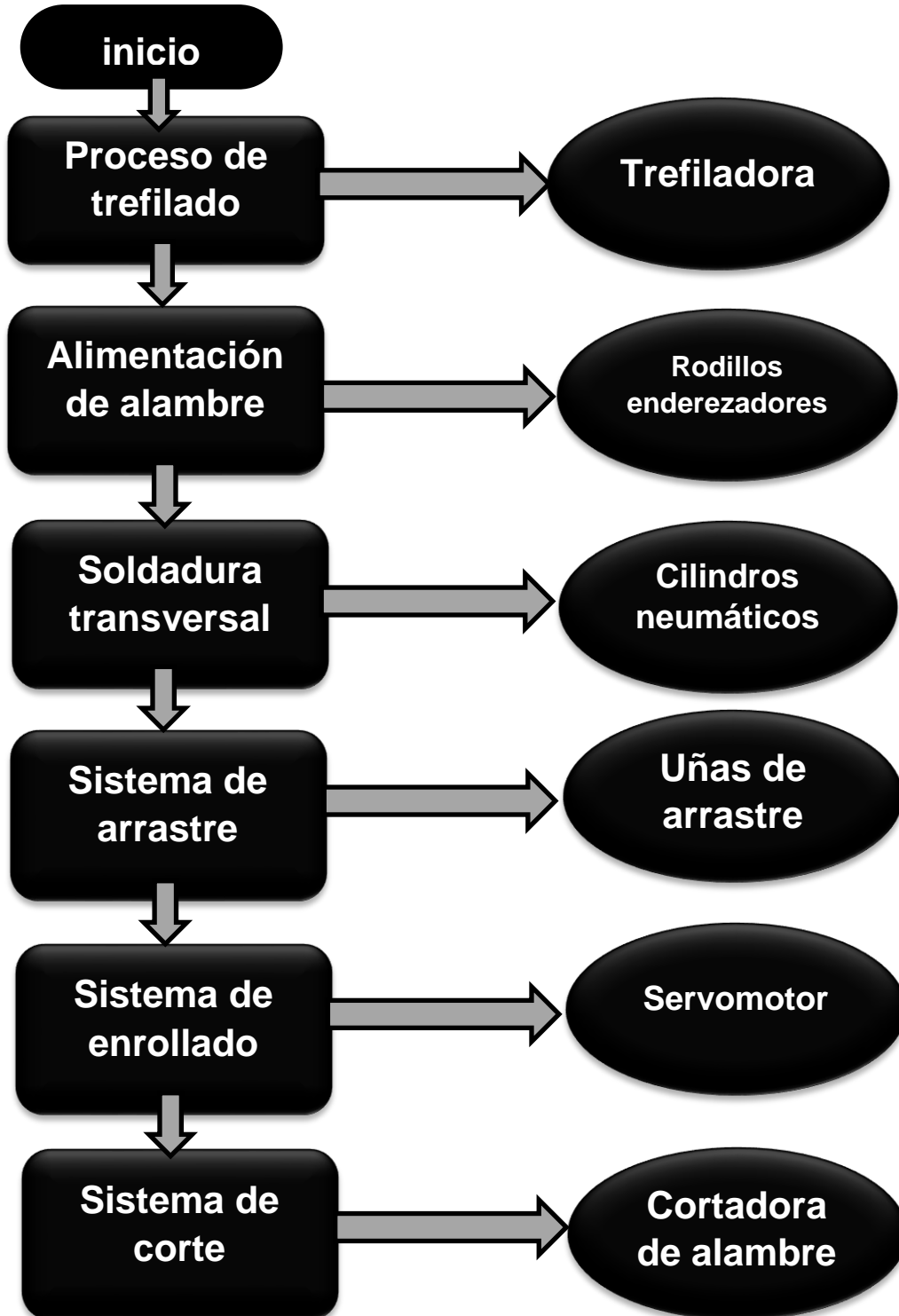
El proceso de fabricación que realiza la máquina de malla electrosoldada principalmente inicia con el método de trefilado, el cual lo realiza continuos rodillos con diferente diámetro, con el fin de alcanzar una reducción de área transversal del alambre adecuado dependiendo del requerimiento realizado por el operario, a continuación, el alambre es contenido en carretes los cuales serán necesarios para la dosificación en el siguiente proceso el cual será la alimentación de la máquina, para este mismo, la máquina se provee de un sistema de rodillos enderezadores, los cuales evitan que el alambre ingrese a la máquina doblado además de verificar la cantidad necesaria de inserción a la misma, a continuación se encuentra el proceso de soldadura, el cual usualmente se encuentra automatizado por cilindros neumáticos, los cuales funcionan como actuadores en un proceso programado por PLC o microcontroladores, este proceso se realiza por soldadura de resistencia eléctrica o soldadura por puntos, con el cual, a partir de aplicación de voltaje y presión une los alambres perpendicularmente, a

continuación comúnmente con el uso de uñas móviles, la sección ya soldada es arrastrada la longitud necesaria que hay entre alambres transversales (variable especificada por el fabricante de malla), al ser una máquina para malla rollo, la estructura formada es ubicada en un enrollador el cual a partir de un servomotor enrolla la malla hasta la longitud necesaria, de esta manera es cortada por diferentes métodos.

Todos los procesos mencionados anteriormente, pueden variar según el fabricante de la máquina, debido a que, la automatización en estas máquinas se ha vuelto común, gracias a la inclusión de nuevas tecnologías como lo puede evidenciar las diferentes revoluciones industriales como lo es la industria 4.0 y actualmente, industria 5.0; estas son respaldadas por métodos de automatización, capaces de realizar procesos sin la intervención de la mano humana.

Para mejor explicación de lo anterior, se presenta un diagrama de flujo, en el cual se mostrarán, procesos y mecanismos necesarios para la fabricación de malla electrosoldada por la máquina.

Diagrama 1. Diagrama de Flujo del proceso



Fuente: elaboración propia, con base en el programa POWER POINT

2.3 TIPOS DE ALAMBRE PARA MALLA ELECTROSOLDADA

El alambre utilizado para la fabricación de malla electrosoldada es compuesto principalmente de acero al carbono con un porcentaje de 0.08 a 0.18 de carbono, esto, debido a que un acero al carbono es funcional para todo tipo de laminado o trefilado en frío, ya que el acero aleado con el carbono, disminuye la ductilidad, tenacidad y aumenta su fragilidad en frío.¹¹

Este tipo de aceros es aleado además del carbono, con manganeso, fósforo y azufre, ya que ofrece resistencia al impacto y por otra parte funcionan para que el al momento de realizar corte en el material este sea de buena calidad y facilidad.

Los diámetros del alambre para el proceso de la malla electrosoldada en Colombia para reforzamiento de concreto, está normalizado por la norma técnica colombiana 5806, los cuales varían entre 4 milímetros y 8.5 milímetros de diámetro, los diámetros del alambre pueden variar según la norma como se presenta a continuación.¹²

¹¹ ALMASA S.A. Ficha técnica [En línea] [Consultado: 5 de enero de 2020] disponible en: <https://almasa.com.co/FichasTecnicas/Almasa-AC-F-026%20Ficha%20Te%CC%81cnica%20Malla%20Electrosoldada%20Rollo.pdf>

¹² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Alambre de acero liso y grafilado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto. NTC-5806. Bogotá D.C. Icontec, 2019. 15p.

Tabla 1. Designación, diámetros, separación y cuantía de refuerzo principal para malla electrosoldada especial con grafil.

Designación	diámetro		separación		Cuantía principal
	Long	Transv	Long	Transv	Nominal
	mm	mm	mm	mm	cm ² /ml
XY-084	4,0	4,0	150	250	0,84
XY-106	4,5	4,0	150	250	1,06
XY-131	5,0	4,0	150	250	1,31
XY-158	5,5	4,0	150	250	1,58
XY-221	6,5	4,0	150	250	2,21
XY-257	7,0	5,0	150	250	2,57
XY-335	8,0	5,0	150	250	3,35
XY-378	8,5	5,0	150	250	3,78
XX-050	4,0	4,0	250	250	0,50
XX-063	4,0	4,0	200	200	0,63
XX-084	4,0	4,0	150	150	0,84
XX-106	4,5	4,5	150	150	1,06
XX-131	5,0	5,0	150	150	1,31
XX-159	5,5	5,5	150	150	1,59
XX-188	6,0	6,0	150	150	1,88
XX-221	6,5	6,5	150	150	2,21
XX-257	7,0	7,0	150	150	2,57
XX-295	7,5	7,5	150	150	2,95
XX-335	8,0	8,0	150	150	3,35
XX-378	8,5	8,5	150	150	3,78

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Alambre de acero liso y grafilado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto. NTC-5806. Bogotá D.C. Icontec, 2019. 15p.

2.4 ELECTRODO

Es un elemento sólido con una alta conductividad eléctrica, el cual para procesos de soldadura realiza la función de fundente del material que se esté uniendo a partir de presión de los elementos.

Los electrodos para soldadura principalmente deben mantener una alta conductividad térmica, además de esto, una alta dureza para que, al momento de aplicar presión en los materiales a unir, este no se fracture; estos elementos son fabricados principalmente en cobre, cromo, tungsteno y molibdeno, usualmente estos materiales son principales en las aleaciones que se realiza con aceros logrando que el mismo aumente determinadas variables dependiendo de la aplicación que se necesite.

2.5 TIPOS DE CIZALLAS PARA CORTE DE ACERO

Las cortadoras de acero ya sea para lámina o para tipo alambre, son de diferentes tipos dependiendo de su aplicación, las más comunes y se conocen son las cizallas, estas habitualmente son fabricados con aceros de alta dureza, para lo cual también se le aplican diferentes tratamientos térmicos como lo puede ser el temple, en donde se liberan tensiones internas en el material.

Estas cortadoras pueden ser de tipo pinza, de tipo cuchillas paralelas y cuchilla superior inclinada, estos tipos de cuchilla se dan dependiendo el uso que se le vaya a dar a la misma, en la imagen 7, se puede apreciar la cizalla tipo pinza, esta cuchilla es de uso común, ya que tiene un muy bajo costo y alta efectividad en cuanto a un corte limpio. En tanto a la cizalla de tipo paralela la cual se puede observar en la imagen 8, esta requiere de una gran fuerza de aplicación para la misma, estas no son usadas continuamente, por lo general se hace uso de una palanca unida a la cizalla para generar momento y disminuir la fuerza necesaria a aplicar a la misma. Finalmente, la más usada es la de cuchilla inclinada la cual se aprecia en la imagen 9, la cual, gracias a su ángulo, requiere de menor cantidad de fuerza a aplicar, por lo general se usa un ángulo de 15°, industrialmente es conocida gracias a su gran fuerza y corte efectivo.¹³

Imagen 7. Cizalla de pinzas



Fuente: TRAMONTINA. [En línea]. [Consultado el 6 de enero de 2020] Disponible: <https://www.tramontina.com.br/es/p/44002117-456-pinza-diagonal-para-corte-de-alambre-duro-7>

¹³ The new zealand digital library, cizallado [En línea] [Consultado el 10 de enero de 2020] disponible en: <http://www.nzdl.org/gsdmod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0>

Imagen 8. Cizalla de cuchillas paralelas



Fuente: COOKSONGOLD, CIZALLADO [En línea]
[Consultado el 10 de enero de 2020] disponible en:
<https://www.cooksongold.es/Herramientas-de-joyera/Alicate-De-Acci%F3n-Paralela-CI%E1sico-Con-Punta-Plana,-125-MM-prcode-999-PR01>

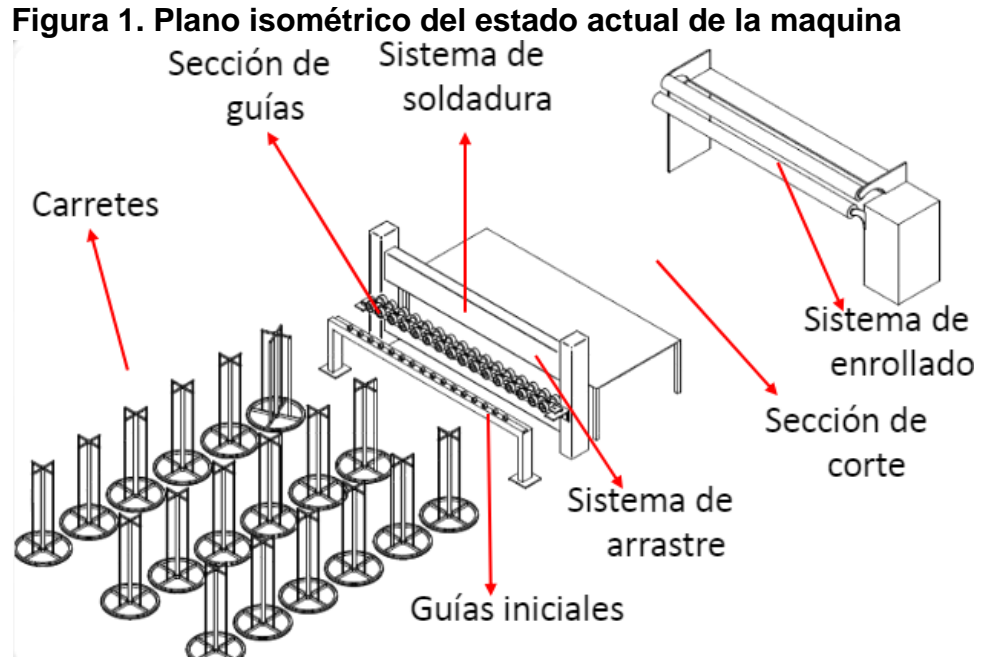
Imagen 9. Cizalla de cuchilla inclinada



Fuente: NEW ZELAND, CIZALLADO [En línea]
[Consultado el 10 de enero de 2020] disponible en
<http://www.nzdl.org/gsd/mod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1.3&d=HASH01e339ab3514bacd05f784f2.6>

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GUIAS Y CORTE

Durante el siguiente capítulo se caracterizará la máquina de malla electro-soldada, los sistemas que la componen, el debido en el cual se va a profundizar en el resto del documento, igualmente se van a analizar los parámetros de diseño, funcionales y operacionales



Fuente: elaboración propia, con base en el programa POWER POINT

3.1 EVALUAR LA HISTORIA DE LA MÁQUINA

La máquina de malla electro-soldada de Almasa S.A. es de fabricación colombiana, esta se elaboró por la necesidad de producción de material para construcción, la cual fue cedida a Almasa, debido a que la empresa estaba en crecimiento y fue necesario la compra de otra empresa; gracias a que se construyó por las necesidades que se tenía en ese momento, se le han agregado actualizaciones para mejorar producción, pero actualmente se ha quedado un poco obsoleta ya que al momento de realizar estos procesos de mejora, requiere una cantidad de tiempo considerable de paro de producción de la máquina.

La máquina de malla electrosoldada, actualmente produce malla de 3, 3.5 y 4 milímetros de diámetro, cada una con una cantidad de 118, 118 y 115 alambres

transversales por rollo de malla respectivamente, asimismo, cuenta con una longitud de 18 metros normalizados por malla producida con tolerancias establecidas por la empresa de 17.9 a 18.5; la productividad de la maquina es inversamente proporcional al diámetro del alambre con el que se está fabricando la malla electrosoldada.

La productividad de la máquina de malla electrosoldada se mide a partir de la variable peso, contando mensualmente con un promedio de malla electrosoldada tipo rollo de 170 toneladas. Esta productividad se da promediada, debido a que la demanda de la empresa mensualmente varia con respecto al diámetro del alambre de fabricación del rollo solicitada por el cliente.

La máquina de malla electrosoldada se somete a mantenimiento preventivo con una periodicidad de una vez al mes, en el cual se ven involucrados elementos como pastillas de frenos, vida útil del cobre para el electrodo, funcionamiento del carro de avance, lubricación de elementos de transmisión de potencia, revisión de acoples de elementos electrónicos, etc.

3.1.1 Descripción del proceso de fabricación de malla electrosoldada. El proceso de fabricación de malla electrosoldada en Almasa S.A. sede Bogotá, es realizado por diferentes procesos definidos de la siguiente manera:

- Proceso de alimentación de material
- Proceso de soldadura
- Proceso de corte
- Proceso de enrollado

Para el primer proceso el cual es el de alimentación, se cuenta con un sistema de 16 carretes como se puede ver en la imagen 11, los cuales cuentan con alambre grafilado con un diámetro establecido, el alambre se inserta en una estructura la cual funciona como separador de alambre con la tarea de evitar enredos de alambre en el proceso.

Imagen 11. Carretes de alambre



Fuente: elaboración propia

Imagen 12. Separador



Fuente: elaboración propia

posteriormente, se ingresa manualmente el alambre proveniente del separador en unas guías fijas para ir direccionando y enderezando el material a la sección de soldadura como se puede apreciar en la imagen 13, este procedimiento manual solo se realiza al momento de cambiar los carretes, de lo contrario, el sistema de carro de avance es el que realiza el movimiento para que la alimentación de alambre sea continua.

Imagen 13. Sistemas de Guías



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta el proceso de soldadura, el cual es realizado por resistencia eléctrica con soldadura de punto, esta sección está compuesta de un dosificador, cilindros de presión para la soldadura y electrodos para la fundición del material; el proceso está automatizado en el procedimiento de elevación de electrodos pero por el contrario la dosificación es manual, por consiguiente, un operario inserta secciones de alambre al electrodo, el cual sostiene el material con

un imán para evitar que la soldadura se realice en un punto erróneo, al llegar a este punto, para realizar la soldadura, el cilindro superior por un sistema neumático baja aplicando presión y elevando la temperatura a partir de la aplicación de voltaje a los electrodos de cobre en la unión de los alambres transversales, suelda los alambres a partir de la fundición del material mismo de la materia prima.

Imagen 14. Pila de varillas



Fuente: elaboración propia

Después de la soldadura la sección ya soldada es halada por un carro con unas uñas a partir de un servomotor, este proceso se realiza por cada soldadura, para así al final suspender el movimiento de las uñas para realizar el siguiente proceso, el cual es el corte de la malla electrosoldada.

Imagen 15. Sistema de Soldado



Fuente: elaboración propia

Para el proceso de corte de la malla, después de salir de la soldadura se lleva manualmente por el operario a la sección de enrollado, de esta manera, se toma la medida de la malla para poder realizar el corte, en este caso, el corte se realiza manualmente por parte del operario, con una cizalla se corta cada uno de los dieciséis alambres longitudinales, posteriormente la malla es enrollada en su totalidad en una enrolladora, la cual comprende componentes como ejes, servomotor, estructura de suspensión, sistema de transmisión de potencia etc. Este sistema funciona a partir de un eje, el cual a partir de un servomotor va girando y enrollando la malla hasta su longitud ya sea de 18 o 30 metros a los cuales se comercializa la malla.

Imagen 16. Sección de corte y enrollado



Fuente: elaboración propia

Finalmente, después de que la malla queda totalmente enrollada a la longitud adecuada y cortada, un operario a partir de un switch, activa en la enrolladora un sistema de evacuación de la malla del eje, para así enviarla a unos rodillos en los cuales se realiza la preparación o el empaque para ser trasladada a la bodega de almacenamiento temporal.

Imagen 17. Rodillos para el embalaje



Fuente: elaboración propia

Con el proceso de embalaje, se finaliza el proceso realizado por la máquina para la fabricación de malla electrosoldada de la empresa Almasa S.A. sede Bogotá.

Para continuar con la historia de la máquina, se hará la presentación de la hoja de vida de la máquina, en la cual se mostrarán las intervenciones realizadas a la misma por parte del cuerpo de mantenimiento de la empresa, esto para así conocer la manipulación hecha a través del tiempo que ha durado la máquina con la empresa.

Como se puede observar en el cuadro 1, se muestra los mantenimientos realizados en la máquina de malla electrosoldada en el año 2019, esto para poder mostrar las fallas continuas que haya tenido la máquina durante su vida útil con la empresa, esta hoja de vida se presenta ya que la información de la misma es muy reducida, debido a que la empresa no cuenta con soportes originales o manuales, los cuales den base a información precisa de la máquina.

Analizando la hoja de vida de la máquina, esta cuenta con 46 intervenciones por mantenimiento preventivo, 33 por correctivo, 15 mejoras y 2 apoyos. Estos datos fueron tomados desde el primero de diciembre del 2017 hasta el 18 de diciembre del 2019 ya que de fechas anteriores no hay registro.

Cuadro 1. Hoja de vida de la maquina

10/01/2019	Preventivo	Cambio de basculante
24/01/2019	Preventivo	Cambio de rodamientos por desgaste.
05/03/2019	Correctivo	REPARACION BOMBA DE REFRIGERACION
11/03/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE
23/03/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE
28/03/2019	Correctivo	AJUSTE CILINDROS DE SOLDADO
04/04/2019	Mejora	FABRICACION DE PLATAFORMA PARA TANQUE DE REFRIGERACION
11/04/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO SISTEMA DE SOLDADO BASE INFERIOR
18/04/2019	Mejora	CAMBIO DE BLOQUES INFERIORES PARA SOLDADORA ROLLO
03/05/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE
06/05/2019	Correctivo	CAMBIO DE HORQUILLA PORTAELECTRODO SUPERIOR
20/05/2019	Correctivo	AJUSTE REDUCTOR ENROLLADOR
24/05/2019	Correctivo	CAMBIO DE ESPARRAGOS A PORTA ELECTRODOS Y FABRICACION DE TUB
07/06/2019	Correctivo	CAMBIO GUIAS DE ALAMBRE Y AJUSTE PORTAELECTRODOS
10/06/2019	Preventivo	TORNILLERIA PARA SISTEMA GUIA MALLA ROLLO.
12/06/2019	Preventivo	Cambio de manguera por desgaste
12/06/2019	Preventivo	Cambio de bobina por desgaste.
12/06/2019	Preventivo	Mantenimiento maquina.
12/06/2019	Preventivo	Cambio de Racores por desgaste.
12/06/2019	Correctivo	AJUSTE DE SOLDADORA
13/06/2019	Correctivo	Rebobinar transformador y rectificar platinas de cobre Maquin
15/06/2019	Correctivo	CAMBIO DE COMETIDA ELECTRICA POR PERDIDA DE AISLAMIENTO
09/09/2019	Preventivo	Revisión carro de arrastre
09/09/2019	Preventivo	Revisión de enrollador
09/09/2019	Preventivo	Revisión electrovalvulas
09/09/2019	Preventivo	Revisión sensores
09/09/2019	Preventivo	Revisión de mesa o volteador
09/09/2019	Preventivo	Revisión de portaelectrodos
09/09/2019	Preventivo	Revisión cilindros
09/09/2019	Preventivo	Revisión de transformadores
09/09/2019	Preventivo	Revisión tablero de control
09/09/2019	Preventivo	Revisión sistema de refrigeración
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE VALVULAS SOLDADORA ROLLO
09/09/2019	Mejora	COBRE PARA SISTEMA NUEVO PORTA ELECTRODO.
09/09/2019	Mejora	TORNILLERIA PARA SISTEMA NUEVO DE PORTA ELECTRODO.
09/09/2019	Mejora	FABRICACION DE SISTEMA PORTA ELECTRODO NUEVO.
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE ROTULAS PARA EJES CILINDROS Y CILINDRO PARA UNAS.
09/09/2019	Mejora	FABRICACION SISTEMA PORTA ELECTRODOS NUEVOS.
09/09/2019	Mejora	TUERCA PARA SISTEMA NUEVO PORTA ELECTRODO
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE HORQUILLAS POR DESGASTE EN LA ROSCA
09/09/2019	Preventivo	Cambio de kit de reparación para cilindro.
09/09/2019	Correctivo	AJUSTE CARRO DE AVANCE MALLA
09/09/2019	Mejora	Fabricación de sistema ajuste cilindros para CR006
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE RACORES POR DESGASTE.
09/09/2019	Mejora	FABRICACION GUIAS SOPORTES MAQUINA.
09/09/2019	Correctivo	REPARACION FUGA DE AGUA
09/09/2019	Mejora	Fabricación de piezas para malla rollo.
09/09/2019	Preventivo	Cambio de tornillería por desgaste.
09/09/2019	Mejora	WASSA PARA SISTEMA PORTA ELECTRODO.
09/09/2019	Correctivo	COBRE PARA SISTEMA PORTA ELECTRODOS.
14/09/2019	Mejora	NUEVO SISTEMA ELEMENTOS PARA SOLDADOR MALLA ROLLO CR6
06/11/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO GENERAL MAQUINA
06/11/2019	Mejora	INTALACION TARGETA DE DISPARO CR006.
06/11/2019	Preventivo	CAMBIO DE HORQUILLA POR DESGASTE.
06/11/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO SOLDADORA
06/11/2019	Correctivo	REPARACION PORTA ELECTRODOS
06/11/2019	Correctivo	CAMBIO DE UÑAS DE ARRASTRE PARA MALLA

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Determinar los puntos más críticos en el sistema de producción. El sistema de producción de fabricación de malla electrosoldada en la empresa de Almasa S.A. presenta una variación en comparación con los que se encuentran en el mercado debido a que la máquina de malla electrosoldada no contiene el sistema de trefilado de alambre, salvo esta variación el sistema de producción es idéntico con respecto a los procesos que maneja el sistema.

Para analizar puntos críticos en el sistema de producción, se tomó como referencia la hoja de vida de mantenimiento de la máquina, ya que en ella se encuentran fallas comunes o continuas en el sistema. En la hoja de vida presentada en el anexo A, se muestran fallas de tipo correctivo en mecanismos como porta electrodos, carro de avance, cilindros neumáticos para soldadura, sistema de soldado en la parte inferior, guías de enderezado de alambre, electrodo etc. Como se puede observar, estos mecanismos son pertenecientes al sistema de guías de la máquina de malla electrosoldada y por ende gracias a la hoja de vida de mantenimiento, se tomó como un sistema crítico dentro del proceso de producción.

Para la obtención de puntos críticos en el sistema, también se tomaron en cuenta tiempos de cada sección al momento de producir una malla tipo rollo terminada, se tomó en cuenta tanto la malla de 30 metros de longitud, como la malla de 18 metros de longitud, para ello, se determinó que para fabricar un rollo de malla de 18 metros se necesitaban 6.31 minutos y para fabricar un rollo de 30 metros eran 9.82 minutos, estos tiempos fueron estimados para la totalidad del proceso de producción, en el mismo se encontró que donde se encontraban puntos críticos con respecto a pérdida de tiempo o tiempos muertos era en la sección de corte, debido a que el proceso de corte es manual ya que el proceso es realizado por un operario con una cizalla, el cual tiene que cortar cada uno de los 18 alambres longitudinales.

Finalmente, con estos dos métodos se obtuvieron los puntos más críticos en el proceso, teniendo de esta manera dos fuentes de estudio para el desarrollo del proyecto de grado.

3.1.3 Estudiar las causas de los puntos críticos. Para determinar las causas de los puntos críticos hallados en el punto anterior, se estudiará el sistema que comprende las guías y el corte, para estos sistemas se realizará un desglose de componentes y se determinará la causa de su criticidad.

Para entrar a analizar el sistema comprendido por las guías se presentan los siguientes mecanismos que integran este sistema, los cuales son la estructura de enderezado, los cilindros neumáticos, los porta electrodos, los electrodos y el sistema de arrastre; Estos componentes se mencionan ya que observando la hoja de vida yacen allí, las causas de que sean nombrados en el sistema es porque a

pesar de que se le ha aplicado cambios o mejoras el sistema sigue imperfecto o ineficiente, el inconveniente es debido a que las correcciones que se le realizan al sistema estas presentan fallos inminentes y por lo tanto se realiza mantenimiento correctivo.

El análisis del sistema de corte, se representa como un proceso totalmente manual, debido a que quien realiza el corte es un operario a partir de una cizalla, este representa grandes cambios con respecto a tiempos muertos en el proceso, esto, debido a que la máquina no contiene un módulo automatizado para este proceso, esta actualización en la máquina es de gran importancia ya que al volver automáticos los procesos estos realizan las actividades con mayor calidad y de la misma manera reduce tiempos necesario para poder aumentar la producción de la máquina de malla electrosoldada.

3.2 CARACTERIZAR EL SISTEMA DE GUÍAS

Para esta actividad, se va a estudiar el sistema actual que compone la sección de guías de la maquina al día de hoy, de esta manera se podrá evaluar las fallas que contenga el sistema para deducir así los elementos que se van a intervenir para el diseño del sistema.

El sistema de guías integrado en diferentes máquinas de malla electrosoldada por parte de las empresas, varía dependiendo del proceso al cual se haya llevado el alambre o la materia prima de alimentación, este es de vital importancia, ya que puede actuar como enderezador, como elevador para evitar fricciones,

3.2.1 Evaluar el sistema actual. Para entrar a evaluar el sistema de guías actual, se presentan los componentes necesarios para el proceso realizado, como lo son, las dos estructuras de enderezamiento, el sistema de soldadura, los carretes de alimentación de alambre, y la guía posterior.

Para ello, se explicarán los componentes que componen el sistema actual de guías y su funcionamiento.

Las estructuras de enderezamiento, están divididas en dos secciones, una es una armadura, la cual realiza la separación de ocho de los dieciséis carretes, en la cual, la función principal es evitar que los alambres en el camino a la máquina se doblen de alguna manera, ya que la tener una distancia lejana de los carretes a la alimentación de la máquina estos se pueden enredar entre sí o doblarse; la otra sección de la estructura de enderezamiento, son dieciséis cilindros, ubicados en una viga transversal a la ubicación de los alambres, estas guías dan posición inicial a los alambres para así realizar el proceso de soldadura.

Los carretes de alimentación son elementos en los cuales se encuentra enrollado el alambre de fabricación de malla electrosoldada, estos carretes están acoplados a un rodamiento, el cual colabora con el movimiento rotacional del carrete para así hacer la entrega de la materia prima.

El sistema de soldadura, es realizado por cilindros neumáticos y electrodos, los cuales, a partir del contacto con el material, realiza la fundición de la materia prima para así lograr la unión de los alambres.

La guía posterior funciona como posicionador de alambre para soldadura, es el último sistema antes de la soldadura, esta guía, tiene una mayor longitud que su anterior sistema, esto debido a que a mayor longitud hay menor probabilidad de que se presenten dobleces o se enrede el alambre.

Para la conclusión de la evaluación, el sistema de guías presentado actualmente por la máquina de malla electrosoldada, realiza su función original pero no se encuentra optimizado, ya que se encuentran bastantes fallas en el sistema debido a que la fricción entre el alambre y el electrodo es bastante notoria y esto puede producir que la soldadura de la malla no se adecuada y pueda fallar.

Imagen 18. Sistemas de Guías



Fuente: elaboración propia

3.2.2 Estudiar las fallas en el sistema. Las fallas presentadas en el sistema de guías, radican en principalmente en la pérdida de material en la sección del electrodo, ya que al realizar las uñas el arrastre de la malla, esta se encuentra en contacto con el electrodo, partiendo de esto, se genera fricción entre el alambre de la malla y el área superficial del electrodo; esta falla genera que en cualquier

momento de operación de la malla electrosoldada pueda fracturarse por cuenta de una mala soldadura.

Para la empresa, esta falla genera alzas en los presupuestos de materiales o repuestos de la máquina de malla electrosoldada, ya que la fricción entre estos dos elementos, genera ya sea o desajuste de los cilindros neumáticos, como un aumento de fuerza de las uñas de arrastre.

3.3 CARACTERIZÁR EL SISTEMA DE CORTE

A lo largo de esta actividad se busca estudiar el estado del sistema de corte con el que cuenta la maquina en la actualidad, de tal manera que se pueda saber que partes intervenir y cómo afrontar las fallas que ha tenido durante el tiempo.

3.3.1 Evaluar el sistema actual. El sistema actual encargado del sistema de corte para la máquina de malla electrosoldada de Almasa S.A, es realizado manualmente por un operario, el cual, a medida que la estructura ya soldada va saliendo del proceso de soldadura, se enrolla lo necesario en la sección de embalaje y cuando ya se tiene la medida, el operario con una cizalla corta cada uno de los alambres.

Imagen 19. Área del Sistema de corte



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la imagen 19, el sistema es prácticamente inexistente, ya que no tiene mecanismos o estructuras que lo compongan, lo cual muestra la falta de tecnología para tener un proceso optimo y sin exponer al operario a riesgos.

Teniendo en cuenta diferentes parámetros, actualmente el área con la que cuenta la empresa para ubicar el sistema de corte se delimita por la distancia entre la zona de soldadura y el de enrollado, la cual es de 5,9 metros; también se debe tener presente el ancho de las estructuras de los sistemas que es de 3 metros.

3.3.2 Estudiar las fallas en el sistema. Durante la evaluación de la maquina encontramos que el problema más notorio, es la carencia del sistema de corte; actualmente un operario es el encargado de estar pendiente que la malla cumpla la longitud especificada por la empresa, dependiendo del requerimiento del cliente, como se había expuesto antes, esta se presenta con longitud de 18 y 30 metros.

Aunque en la actualidad el proceso se cumple a cabalidad y bajo las normas establecidas, este requiere una optimización ya que principalmente al ser un operario el encargado de realizar del corte, existe la probabilidad de cometer errores, dado que alguno de estos puede presentar problemas físicos debido a largas horas continuas de trabajo en una posición incómoda, adicionalmente; mejoras en el proceso puede generar mejor reputación en cuanto a actualización y aumentar la calidad de sus productos, lo cual puede denotar fortalezas con respecto a sus competidores.

3.4 EVALUAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO, FUNCIONALES Y DE OPERACIÓN

Para entrar a evaluar los parámetros de diseño, funcionales y de operación, se realizará una clasificación entre los mismos para determinar puntos primordiales a la hora de realizar limitaciones en cuanto al diseño de cada una de las secciones necesarias para la máquina.

3.4.1 Parámetros de diseño. Para la determinación de los parámetros de diseño, se toma en cuenta las diferentes variables influyentes en el proceso de fabricación, como en este caso se comprende inicialmente por indicaciones de los diámetros necesarios para la fabricación de la malla electrosoldada, ya que estos implican un cambio en la fuerza de corte de la malla y la intervención de fuerza en la soldadura.

Para lo mismo se insta como parámetro de diseño, el espacio límite para la ubicación del dispositivo o sistema para guías y el corte, el cual en el caso del corte está delimitado por una distancia de 17,7 metros cuadrados, de los cuales se puede dar uso total; para la sección de guías, se realizará una implementación con respecto a la geometría dispuesta actualmente, para la cual hay una delimitación de 3 x 2 metros (Ancho X Alto).

Estos parámetros de diseño dan cuenta en la sección de guías como de corte como partes esenciales de la implementación del proyecto.

3.4.2 Parámetros funcionales. Los parámetros funcionales para el sistema de guías están determinados a partir de un ciclo neumático, para el cual, a partir de elementos de presión, electrónicos y actuadores, se realiza el proceso de soldadura, estos elementos funcionan a partir de un PLC, el cual manda una orden de trabajo al sistema para así con dispositivos como los cilindros con vástago, el parámetro se delimita ya que es necesario contemplar un sistema acoplable al actual.

En el caso del sistema de guías su funcionalidad yace de la mano de obra de un operario ya que el sistema es totalmente manual, en el cual el operario corta el alambre con una cizalla, en tanto a lo anteriormente expuesto, la funcionalidad del nuevo sistema implementado tendrá total libertad, debido a que el sistema no existe estructuralmente.

3.4.3 Parámetros de operación. Los parámetros de operación en el proceso de la fabricación de malla electrosoldada, se dan principalmente a partir de la influencia de un sistema automatizado en la sección de arrastre de malla y la sección de soldadura, en las cuales, prioriza el uso de un PLC en el cual encontramos la codificación del programa para el proceso, de esta manera se plantea el parámetro de un sistema que no altere este hecho y con el cual se puede contar para ampliar la gama de dispositivos automáticos para la optimización de elementos.

Para la tabla 2, se presenta características importantes tanto para malla como para el proceso, en la cual encontramos cantidad de rollos por turno, donde el mismo tiene una duración de 8 horas continuas; en el caso del peso, se toma como variable ya que es importante para el cálculo de la estructura que soporta la malla y la sección del enrollado de malla.

Tabla 2. Características de las mallas

Espesor del alambre (mm)	Numero de rollos por turno	Peso del rollo (Kg)	Cantidad de varillas por rollo(unidades)
3	90	35.5	118
4	75	51	115
3.5	80	43	116

Fuente: Elaboración propia, con base en programa EXCEL

En el proceso de elaboración de la malla electro-soldada se utiliza el acero 1006 el cual viene de dos maneras, tanto en los carretes, como en las varillas. La máquina no para de trabajar de la semana contando con 3 turnos, cada uno de 8 horas y requiere de 2 operarios por turno.

Como podemos apreciar en la siguiente tabla se manejan 3 tipos de diámetros del alambre y varilla y sus cualidades

4. REALIZAR EL DISEÑO CONCEPTUAL Y LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA SECCIÓN DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA ELECTRO-SOLDADA

A lo largo de este capítulo, se va a plantear 3 ideas de solución por problema, los cuales fueron planteados con anterioridad. Se van a tener en cuenta los parámetros funcionales, de diseño y operación; posteriormente se explicará a forma de bosquejo, tres (3) posibles alternativas para resolver las problemáticas que presenta la máquina de malla electro-soldada en Almasa S.A.

Las posibles soluciones están enfocadas a la solución del desgaste del cobre como electrodo, en la zona de guías y también en la carencia de un sistema de corte con algún tipo de tecnología. Se va a respetar la calidad que posee el producto y mantenerla más regular.

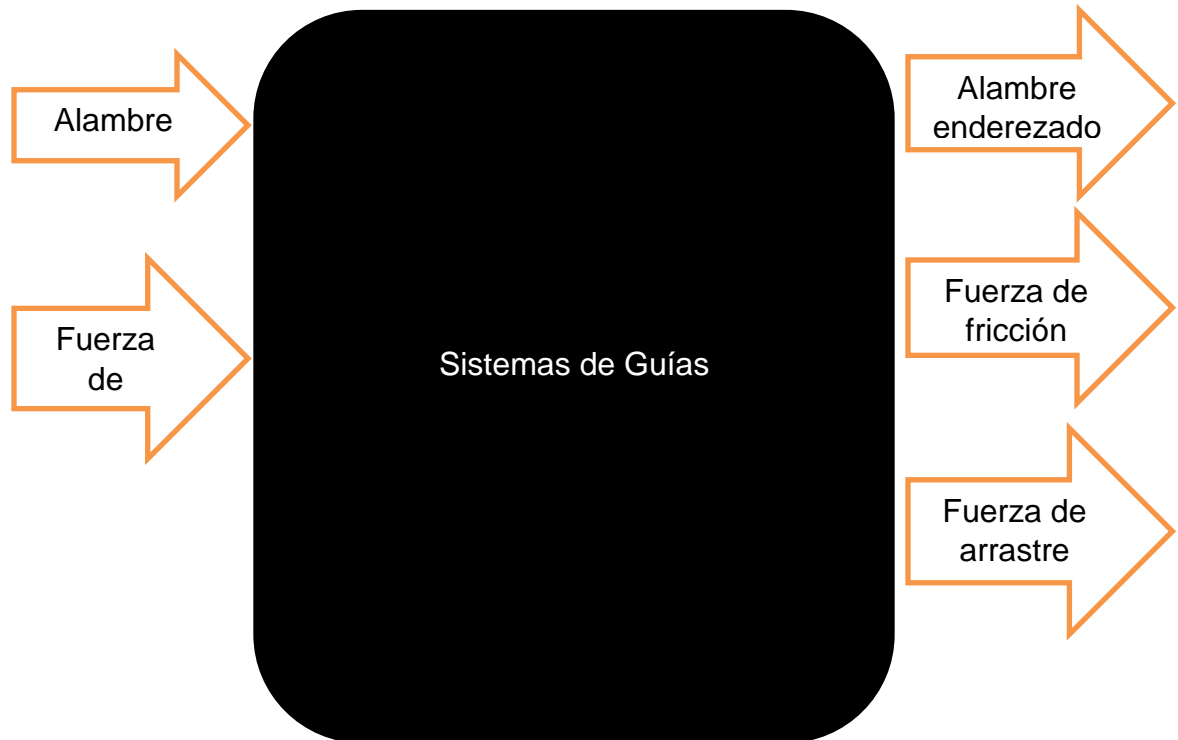
Posterior al planteamiento de las alternativas, se evaluarán por el método QFD en cada caso; en el sistema de guías va a ser el que permita la mayor disminución de pérdida por desgaste del cobre y en el de corte será el que sea más eficiente, en cuanto tiempo y calidad del mismo. Se escogió la matriz QFD debido a que esta metodología se utiliza con el fin de crear productos, maquinas o demás soluciones a problemáticas de tal manera que se adapten a los gustos y necesidades del usuario.

Esta metodología permite evaluar de manera cuantitativa que características que se deben tener en cuenta para a la hora de diseñar algún producto o servicio. Frente a otras matrices la QFD tiene la ventaja de que el análisis es más exhaustivo ya que plantea las problemáticas, se evalúan y posteriormente se plantea soluciones con unidades de tal manera que se relacionan entre sí y así satisfacer de mejor manera las necesidades del cliente.

4.1 PLANTEAR TRES DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA DE GUÍAS, QUE CUMPLAN LAS NECESIDADES

A lo largo de esta actividad se van a presentar tres (3) alternativas para solucionar el problema en el sistema de guías. En el Diagrama 2 se muestra el diagrama de caja negra, el cual indica que elementos influyen en la entrada y salida del sistema de guías

Diagrama 2. Diagrama de caja negra



Fuente: Elaboración propia, con base en programa WORD

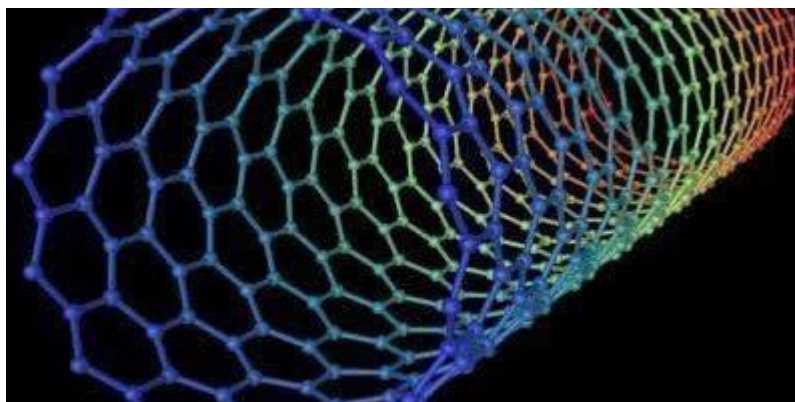
VARIABLES

- Fuerza de arrastre: Peso del alambre en el carrete
- Fuerza de Fricción: Peso del alambre en el carrete y el μ

4.1.1 Proponer las diferentes opciones de Guías

- **Cambiar material de electrodo.** Debido a que la principal causa del desgaste del electrodo es la fricción que sufre cuando se arrastra el alambre, después del soldado; se consideró cambiar el material, ya que actualmente se utiliza una mezcla entre cobre, níquel, berilio y cobalto, como se puede observar en el Anexo D. Se buscará una alternativa que sea más resistente a la pérdida por rozamiento, de tal manera que no pierda las propiedades con tanta facilidad y así poder mantener la soldadura con la misma calidad durante todo el proceso.

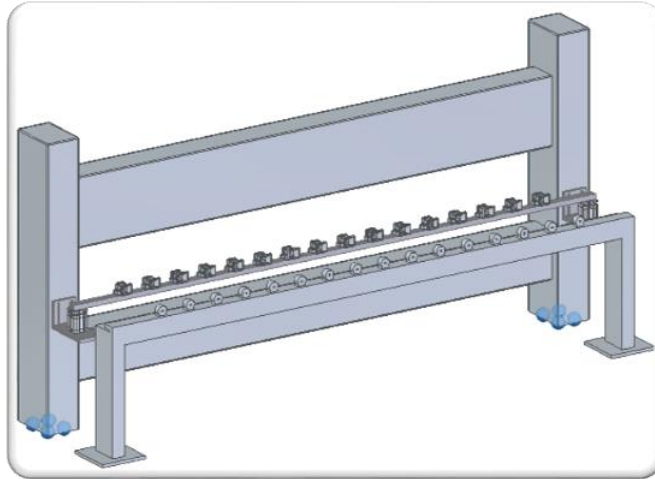
Imagen 20. Cambio de material



Fuente:QUIMICA Y SOCIEDAD. [En Linea]. [Consultado: 8 de Enero del 2020] Disponible: <https://www.quimicaysociedad.org/cinco-materiales-que-pueden-cambiar-el-mundo/>

- **Incorporar sistema neumático.** Actualmente el sistema de guías tiene la posibilidad de variar la elevación manualmente, lo cual limita a que solo se pueda modificar cuando está detenida; esta sección de la maquina puede tener una modernización de tal manera que sea variable la altura por medio de la computadora que incluye la máquina. La implementación de un conjunto de pistones neumático de apoyo, para que haya una variación de la apertura durante el proceso, permite que mientras el electrodo baje con los émbolos, 0el carro de arrastre jale la malla y evite la fricción entre metales; y así dejando como único desgaste que tendrá es por el uso natural y no por el rozamiento.

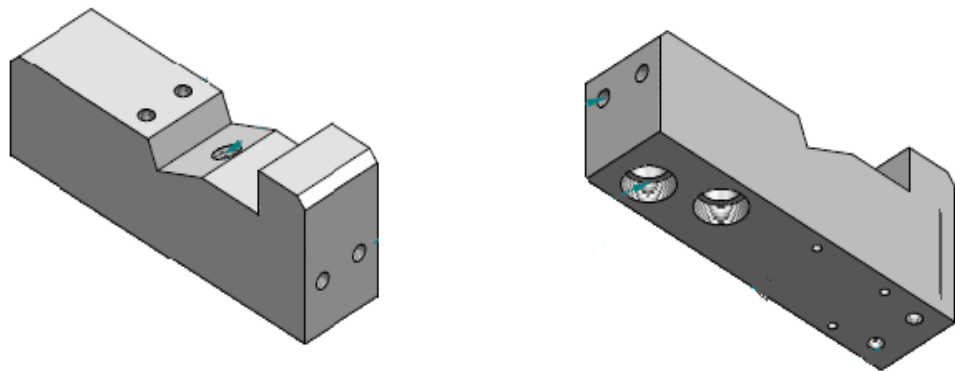
Imagen 21. Sistema Neumático



Fuente: elaboracion propia, con base en programa SOLID EDGE

- **Cambio de Geometría.** Actualmente la forma del electrodo está diseñada y enfocada exclusivamente a la soldadura, obviando el hecho de la preservación de las características físicas y químicas. Ya que deja una marca en la superficie causada por el arrastre del alambre que se va a soldar. La idea está basada en modificar la geometría de las 2 cosas para obtener una optimización en la vida útil de las mismas.

Imagen 22. Plano del actual del electrodo



Fuente: elaboracion propia, con base en programa SOLID EDGE

4.1.2 Desarrollar la lista de los “Qué” (Necesidades del cliente). Esta lista se basa en las necesidades a suplir con el proyecto; se analiza las condiciones que determine los “QUÉ”. A continuación, se mostrarán lo que se va a tener en cuenta en la matriz QFD, con respecto a lo mencionado con anterioridad, para la selección de las alternativas óptimas dando solución a las problemáticas actuales del Sistema de Guías en la máquina.

- Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible
- Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible
- Qué garantice la calidad de la soldadura
- Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento
- Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura
- Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas
- Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible

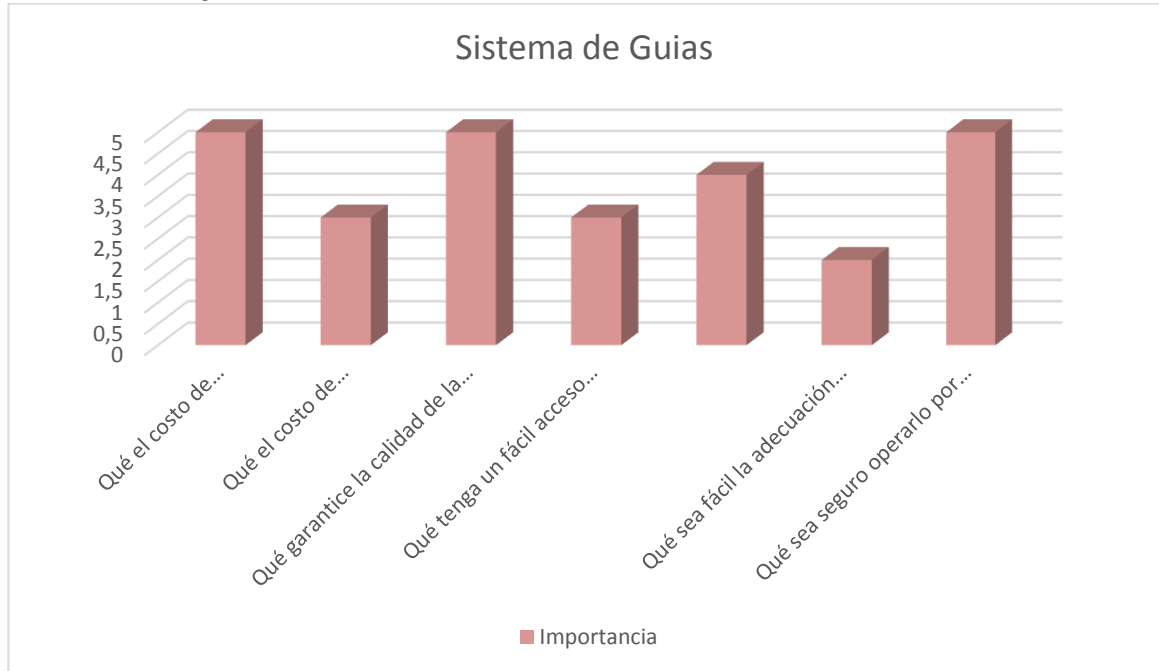
4.1.3 Analizar los “Qué”, clasificando los Qué según su importancia- Es necesario saber la importancia de los “Qué” en la selección de la alternativa para solucionar la problemática. La calificación se da según la necesidad de la empresa, la evaluación se ejecuta de la siguiente manera “(1= no es importante, 5=muy importante)” ya mencionados se añade que las implementaciones a realizar respeten las dimensiones de la malla que manejan actualmente, además que permita mantener la certificación de calidad que tiene el producto.

Tabla 3. Importancia de los “Qué”

“Qué”	Importancia
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3
Qué garantice la calidad de la soldadura	5
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	4
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	2
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Grafica 1. Importancia de los “Qué”



Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Las anteriores calificaciones dadas se ubican en columnas de izquierda a derecha empezando por la columna de los “Qué” y de la importancia para el proyecto.

Posteriormente pasamos a evaluar el estado actual de la maquina con respecto a los “Qué” planteados; en el Sistema de Guías, se hace una relación cuantitativa de 1 a 5 (1=Muy mala situación y 5 =Muy buena), con las premisas ya planteadas; para así saber que tantas falencias posee actualmente con lo necesario.

Tabla 4. Estado actual de los “Qué”

“Qué”	Estado actual
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3
Qué garantice la calidad de la soldadura	3
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	4
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	1
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	4
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En las siguientes 3 columnas colocamos las alternativas a solución del problema y las comparamos cuantitativamente con los “Qué”, en la misma escala de 1 a 5 que hemos trabajado a lo largo de este capítulo; evaluando el nivel de satisfacción que puede proveer cada una de las soluciones, en los casos.

Tabla 5. Evaluación de las alternativas

“Qué”	Cambio del material del electrodo	Incorporación de sistema neumático	Cambio de geometría del electrodo
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	3	4	4
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	3	3
Qué garantice la calidad de la soldadura	3	5	3
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	4	4	4
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	1	5	1
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	4	5	4
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5	5	5

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la siguiente columna a la derecha se relaciona de manera cuantitativa los “Qué” planteados con el objetivo del proyecto, funcionando como un comparador que ayude determinar si la alternativa cumple con las necesidades.

Tabla 6. Objetivo de los “Qué”

“Qué”	Objetivo
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	4
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3
Qué garantice la calidad de la soldadura	5
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	4
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	4
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	4

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Posteriormente adjuntamos en la siguiente columna lo que es conocido como ratio de mejora, que relaciona los datos obtenidos en las casillas correspondientes al objetivo dividida con la del estado actual. Este dato obtenido nos puede ilustrar que tan alejada está el sistema actualmente con la ideal.

Tabla 7. Ratio de mejora de los “Qué”

“Qué”	Ratio de mejora
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	0.8
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	1
Qué garantice la calidad de la soldadura	1.6
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	0.75
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	4
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	1
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	1

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Se adiciona a la derecha una columna llamada argumento de venta, en esta se evalúa de 1 a 1.5 el impacto y relevancia que pueda tener cada “Qué” llegando a ser la alternativa más llamativa para el dueño de la maquina; teniendo como la calificación mayor la más fuerte y la menor la más débil.

Tabla 8. Argumento de venta de los “Qué”

“Qué”	Argumento de venta
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	1.5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	1.4
Qué garantice la calidad de la soldadura	1.5
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	1.3
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	1.2
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	1.4
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	1.3

Fuente. elaboración propia, con base en programa EXCEL

En las siguientes dos columnas procederemos a realizar la ponderación absoluta y la relativa. La primera se obtiene multiplicando el valor ubicado en la columna de la importancia de cada “Qué”, el de la ratio de mejor y por último el de argumento de venta. Y la segunda se da como el cociente del producto dividido entre cien y la ponderación absoluta correspondiente, con la sumatorias de las ponderaciones absolutas.

Tabla 9. Ponderación de los “Qué”

“Qué”	Importancia	Ratio de mejora	Argumento de venta	Ponderación Absoluta	Ponderación Relativa
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5	0.8	1.5	6	11.085
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	1	1.4	4.2	7.7598
Qué garantice la calidad de la soldadura	5	1.6	1.5	12.5	23.0946
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3	0.75	1.3	2.925	5.4041
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	4	4	1.2	19.2	35.4734
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	2	1	1.4	2.8	5.1732
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5	1	1.3	6.5	2.0092

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la última columna colocamos el orden de importancia de los “Qué”, donde el más importante es aquel de mayor ponderación relativa y pues el menos importante es el que tiene menos.

Tabla 10. Orden de importancia de los “Qué”

“Qué”	Orden de importancia
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	4
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	5
Qué garantice la calidad de la soldadura	2
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	6
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	1
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	7
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	3

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

De la tabla anterior se puede concluir que los aspectos más importantes del proyecto en este sistema es que posea una compatibilidad con la computadora que maneja el proceso de soldadura, que garantice la calidad de la misma y la seguridad del operario.

4.1.4 Desarrollar la lista de los “Cómo”. Empezaremos a plantear los “Cómo”, de tal manera que son las respuestas que

se proponen de forma técnica para suplir los requerimientos necesarios de los “Qué” enunciados.

- Compatibilidad con la computadora (0 no compatible, 1 compatible)
- Ergonomía (1 a 10)
- Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)
- Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 baja facilidad, 10 alta adaptabilidad)
- Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)
- Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)
- Perdida de material de desgaste en los electrodos (1 a 10)
- Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)
- Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)
- Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)

4.1.5 Analizar los “Cómo”. Al igual que se hizo con los “Qué”, se debe realizar un estudio a los “Cómo” de tal manera que se pueda establecer que relevancia que tenga en la matriz. En esta parte se busca respuestas técnicas, para poder proponer un objetivo técnico esperado.

En este estudio se concluye que las alternativas planteadas cumplen con la mayoría de objetivos propuestos, ya que son netamente dirigidas a evitar la pérdida de material en el electrodo en el sistema de guías.

4.1.6 Relacionar los “Qué” con los “Cómo”. Esta actividad es la más significativa para poder evaluarla por medio de la matriz de QFD; ya que relaciona los deseos del cliente y con las respuestas técnicas que le podamos mostrar; aparte que es la parte central del proceso.

Para relacionarlas cuantitativamente se evalúa con 4 números el nivel de incidencia y relación entre los “Qué” con los “Cómo” en donde de:

- 0 representa que no hay relación alguna
- 1 hay una relación baja
- 3 hay una relación mediana
- 9 hay una relación alta

Tabla 11. Relación de los “Cómo”

Que necesita la empresa	Compatibilidad con la computadora (0 no compatible, 1 compatible)	Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 baja facilidad, 10 alta)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)	Pérdida de material de desgaste en los electrodos (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	3	0	3	3	9	9	0	3	9	9
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	3	9	0	3	3	0	9	3	1
Qué garantice la calidad de la soldadura	3	0	0	1	0	0	9	0	0	0
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	0	3	3	1	1	1	0	3	1	3
Qué sea compatible con la computadora que maneja la soldadura	9	3	0	3	1	0	0	3	1	0
Qué sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	3	0	3	9	3	3	0	0	1	3
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	0	9	0	0	0	0	3	9	9	1

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la fila siguiente que se llama como orientación deseada, se le da una flecha hacia arriba si se espera que el “Cómo” corresponde a un valor superior y al contrario a uno inferior.

Tabla 12. Orientación de los “Cómo”

↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Compatibilidad con la computadora (0 a 10)	Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 a 10)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)	Perdida de material de desgaste en los electrodos (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para la operación (0 a 10)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para la fila de ponderación absoluta, realizamos con anterioridad una cantidad de operaciones, ya que es la sumatoria total de las multiplicaciones de la relación de los “Qué” y los “Cómo” con la relativa que le corresponde a cada “Qué”.

Tabla 13. Operación extra de los “Como”

Operaciones extras									
33,25	0	33,25	33,25	99,76	99,76	0	33,25	99,76	99,76
23,27	23,27	69,83	0	23,27	23,27	0	69,83	23,27	7,75
69,28	0	0	23,09	0	0	207,85	0	0	0
0	16,21	16,21	5,4	5,4	5,4	0	16,21	5,4	16,21
319,26	106,42	0	106,42	35,47	0	0	106,42	35,47	0
15,51	0	15,51	46,55	15,51	15,51	0	0	5,17	15,51
0	108,08	0	0	0	0	36,02	108,08	108,08	12

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para la fila de ponderación relativa, se realiza de la misma manera que se hizo en los análisis de los “Qué”, como el valor de la absoluta por 100 dividido en la sumatoria de las ponderaciones absolutas. También, se le añade el nivel de importancia a cada “Cómo” priorizando a las de calificación más alta.

Tabla 14. Ponderaciones de los “Como”

Orientación Deseada	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Ponderación Absoluta	460,60	253,99	134,82	214,73	179,44	143,97	243,87	333,81	277,18	151,27	611,87
Ponderación Relativa	75,27	41,51	22,03	35,09	29,32	23,52	39,85	54,55	45,3	24,72	100
Importancia	1	4	10	6	7	9	5	2	3	8	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

De esta tarea se puede concluir que los “Cómo” con mayor relevancia en el sistema de guías son los que priorizan la compatibilidad con próximas modificaciones a la máquina, frecuencia de intervención del operario y la capacitación del MISMO para conocer las nuevas implementaciones.

4.1.7 Matriz de Evaluación. En la Tabla número 15 se presenta completa la matriz QFD de la sección de guías del presente proyecto.

Tabla 15. Matriz QFD del sistema de guías

	Importancia	Compatibilidad con computadora (0 no compatible, 1 compatible)	Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas tecnologías (1 baja facilidad, 10 alta)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la instalación (1 a 10)	Pérdida de material por desgaste en los electrodos (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para operación (0 no necesaria, 1 necesaria)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)	Estado Actual	Cambio material del electrodo	Incorporación nuevo sistema neumático	Cambio de Elemento del Electrodo	Objetivo	Ratio de mejora	Argumento de venta	Ponderación absoluta	Ponderación relativa	Orden de importancia	
Que necesita la empresa																						
Que el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5	3	0	3	3	9	9	0	3	9	9	5	3	4	4	4	0,8	1,5	6	11,0854503	4	
Que el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	3	3	9	0	3	3	0	9	3	1	3	3	3	3	3	1	1,4	4,2	7,75381524	5	
Que garantice la calidad de la soldadura	5	3	0	0	1	0	0	9	0	0	0	3	3	5	3	5	1,66666667	1,5	12,5	23,0946882	2	
Que tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3	0	3	3	1	1	1	0	3	1	3	4	4	4	4	3	0,75	1,3	2,325	5,40415704	6	
Que sea compatible con la computadora que maneja la	4	9	3	0	3	1	0	0	3	1	0	1	1	5	1	4	4	1,2	19,2	35,4734411	1	
Que sea fácil la adecuación con mejoras de otros sistemas	2	3	0	3	9	3	3	0	0	1	3	4	4	5	4	4	1	1,4	2,8	5,17321016	7	
Que sea seguro operarlo por parte del operario	5	0	9	0	0	0	0	3	9	9	1	4	4	4	4	4	1	1,3	6,5	12,0092379	3	
Orientación Deseada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ponderación Absoluta	450,6004619	253,39514	134,8268	214,734411	179,4457276	143,8722864	243,8799076	333,8106	277,182448	151,2709	611,8707											
Ponderación Relativa	75,2774213	41,51129	22,03618	35,09473843	29,32739498	23,52985582	39,85908107	54,65576	45,30082283	24,72258	100											
Importancia	1	4	10	6	7	9	5	2	3	8												

Fuente. elaboración propia

4.1.8 Selección de la alternativa más adecuada. Posteriormente al análisis de la relación entre los requerimientos de los clientes con las respuestas técnicas que proponemos y la manera en que cada alternativa responde a dicha relación, se puede concluir que:

En cuanto los “Qué” de mayor de importancia, es el que posee la ratio de mejora más alto entre todos, en este caso es el del proceso de compatibilidad con la computadora que maneja la soldadura, es el “Qué” más importante a la hora de tratar; ya que la empresa desea controlar de mejor manera el proceso.

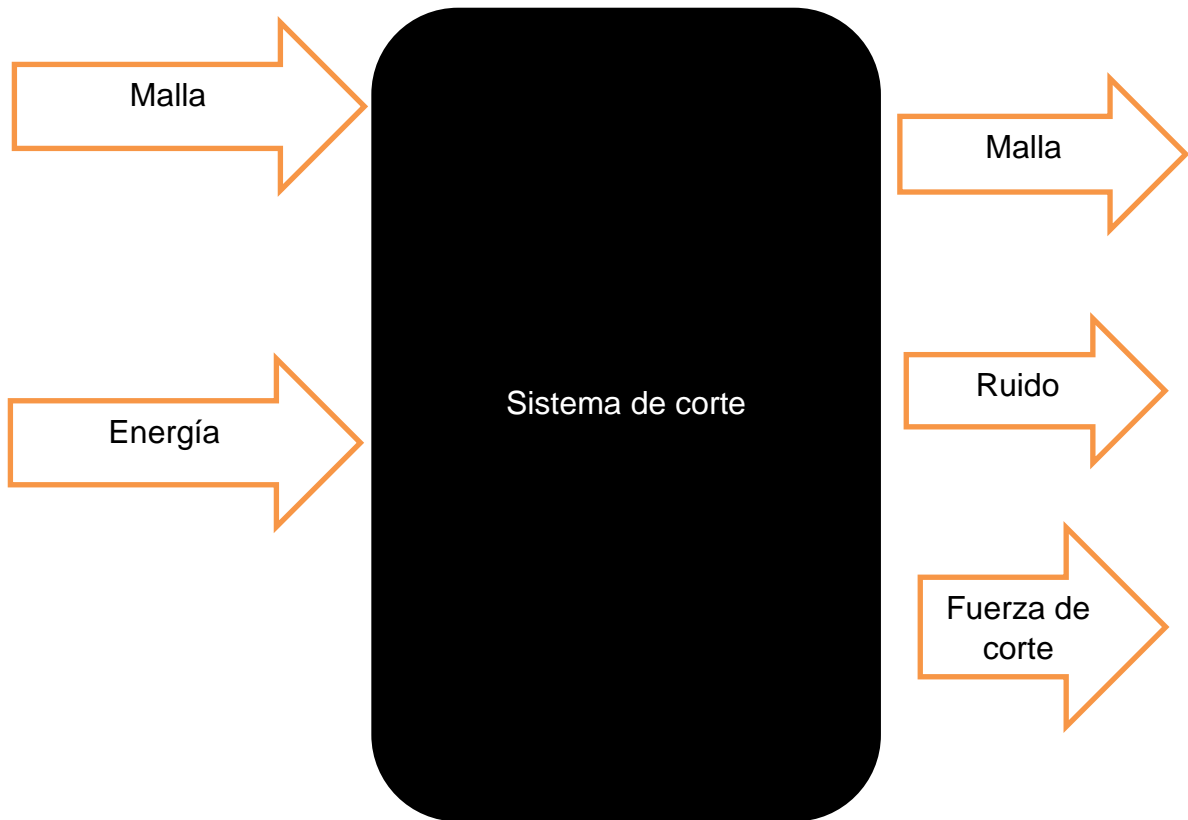
Lo anteriormente mencionado se confirma en el análisis de los “Cómo” ya que corrobora la importancia de la compatibilidad con la computadora; también destaca la frecuencia con la cual el operario tiene que intervenir, ya sea para mantenimiento o por alguna eventualidad; la capacitación y la ergonomía para el trabajador a la hora de operar la máquina.

Del análisis de la matriz QFD anterior podemos concluir que la alternativa propuesta que mejor se adapta corresponde al de la incorporación de un sistema neumático de elevación de Guías; debido a que este posee la velocidad necesaria para operar sincrónicamente con la soldadura, ya que al contar con un cambio de altura evitaría la pérdida de material, separando la malla del electrodo mientras el carro de arrastre lo hala, de tal manera que logra que se regule la calidad de la unión soldada sin disminuir la vida útil del electrodo; además de tener la capacidad de adaptarse directamente al PLC que controla el resto de procesos de la máquina.

4.2 PLANTEAR TRES DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA DE CORTE, QUE CUMPLAN LAS NECESIDADES

A lo largo de esta actividad se van a presentar tres (3) alternativas para solucionar el problema en el sistema de Corte.

Diagrama 3. Diagrama de caja negra del sistema de corte.



Fuente: elaboración propia, con base en programa WORD

VARIABLES

- **Fuerza de Corte:** Filo de la cuchilla de corte, Diámetro del alambre, Material del alambre, material de la cuchilla.

4.2.1 Proponer las diferentes opciones de Corte

- **Guadaña.** Este sistema está basado en un corte con una cuchilla transversal de tal manera que, aprovechando el movimiento y la fuerza producida por el motor y el filo de la navaja, permite cortar la malla a la distancia requerida.

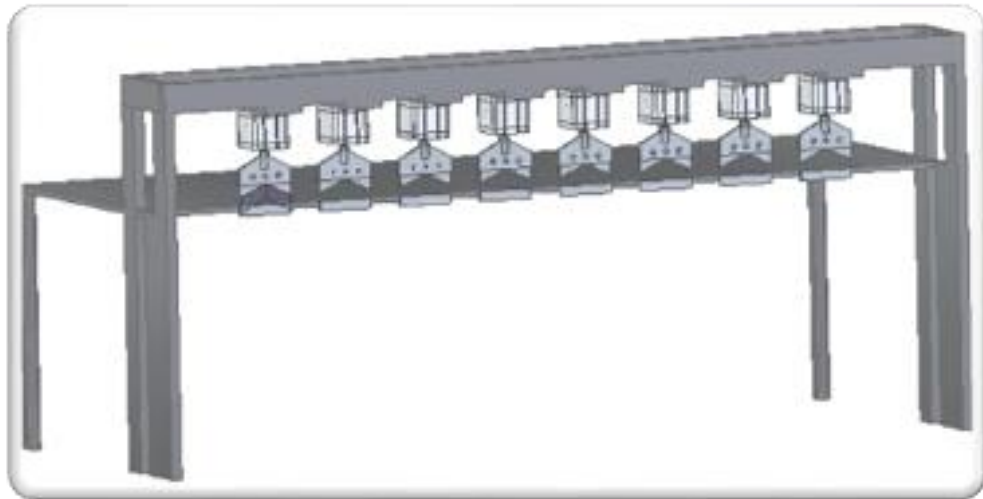
Imagen 23. Hoja de Guadaña



Fuente: EL GRANT PALERO. [En Linea]. [Consultado: 10 de Enero del 2020] Disponible: <https://www.elgrantlapalero.com/guada-a-de-24-bellota.html>

- **Sistema neumático de Cizallas.** La cizalla funciona gracias al aire comprimido es utilizado como transmisor de energía, el cual se hace efectivo por medio del sistema neumático que genera movimiento entre las cuchillas; de tal manera corta el alambre enderezado.

Imagen 24. Cizallas Neumáticas



Fuente. elaboracion propia, con base en programa SOLID EDGE

- **Guillotina Hidráulica.** La guillotina hidráulica empieza su funcionamiento activando un motor que este acoplado a la bomba, el cual permite la elevación y descenso de los émbolos. En el momento que se eleva la cuchilla da paso de la malla y en cuando desciende la corta gracias a las contrapesas que tiene para que sea más efectivo el corte.

Imagen 25. Guillotina Hidráulica



Fuente: MANTENIMIENTO Y MAQUINADO INDUSTRIALES. [En Línea]. [Consultado: 10 de Enero del 2020] Disponible: <https://manmaqind.wordpress.com/tag/guillotina-hidraulica/>

4.2.2 Evaluar las alternativas mediante el método QFD en el Sistema de Corte. Este método cumple con el requerimiento principal del proyecto que es tener en consideración las necesidades de ALMASA S.A, nuestro cliente.; y permitiendo dar una respuesta idónea. Y así la solución se adapte a todos los requerimientos que tenga la compañía, frente al Sistema de Corte de la máquina de malla electro-soldada.

4.2.3 Desarrollar la lista de los “Qué” (Necesidades del cliente) . Esta lista se basa en las necesidades a suplir con el proyecto; se analiza las condiciones que determine los “QUÉ”. A continuación, se mostrarán lo que se va a tener en cuenta en la matriz QFD, con respecto a lo mencionado con anterioridad, para la selección de las alternativas más óptimas dando solución a las problemáticas actuales del Sistema de Corte en la máquina.

- Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible
- Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible
- Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento
- Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible
- Qué el costo de operación sea bajo
- Qué reduzca los tiempos actuales del proceso

- Qué sea seguro operarlo por parte del operario

4.2.4 Analizar los “Qué”, clasificando los Qué según su importancia. Es necesario saber la importancia de los “Qué” en la selección de la alternativa para solucionar la problemática. La calificación se da según la necesidad de la empresa, la evaluación se ejecuta de la siguiente manera “(1= no es importante, 5=muy importante)” ya mencionados se añade que las implementaciones a realizar respeten las dimensiones de la malla que manejan actualmente, además que permita mantener la certificación de calidad que tiene el producto.

Tabla 16. Importancia de los “Que”

“Qué”	Importancia
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	4
Qué el costo de operación sea bajo	4
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	5
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	2

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Grafica 2. Importancia de los “Que”



Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Las anteriores calificaciones dadas se ubican en columnas de izquierda a derecha empezando por la columna de los “Qué” y de la importancia para el proyecto. Posteriormente pasamos a evaluar el estado actual de la maquina con respecto a los “Qué” planteados; en el Sistema de Corte, se hace una relación cuantitativa de 1 a 5 (1=Muy mala situación y 5 =Muy buena), con las premisas ya planteadas; para así saber que tantas falencias posee actualmente con lo necesario.

Tabla 17. Estado actual de los “Que”

“Qué”	Estado actual
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	5
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	5
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	2
Qué el costo de operación sea bajo	4
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	2
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	2

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En las siguientes 3 columnas colocamos las alternativas a solución del problema y las comparamos cuantitativamente con los “Qué”, en la misma escala de 1 a 5 que hemos trabajado a lo largo de este capítulo; evaluando el nivel de satisfacción que puede proveer cada una de las soluciones, en los casos.

Tabla 18. Evaluación de las alternativas.

“Qué”	Guadaña	Sistema neumático de Cizallas	Guillotina
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	4	4	4
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	4	3	4
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	4	5	3
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	4	4	3
Qué el costo de operación sea bajo	4	4	4
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	4	5	4
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	3	4	3

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la siguiente columna a la derecha se relaciona de manera cuantitativa los “Qué” planteados con el objetivo del proyecto, funcionando como un comparador que ayude determinar si la alternativa cumple con las necesidades.

Tabla 19. Objetivo de los “Que”

“Qué”	Objetivo
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	4
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de operación sea bajo	5
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	5
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	4

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Posteriormente adjuntamos en la siguiente columna lo que es conocido como ratio de mejora, que relaciona los datos obtenidos en las casillas correspondientes al objetivo dividida con la del estado actual. Este dato obtenido nos puede ilustrar que tan alejada está el sistema actualmente con la ideal.

Tabla 20. Ratio de mejora de los “Que”

“Qué”	Ratio de mejora
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	0.8
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	0.6
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	0.6
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	2.05
Qué el costo de operación sea bajo	1.25
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	2.5
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	2

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Se adiciona a la derecha una columna llamada argumento de venta, en esta se evalúa de 1 a 1.5 el impacto y relevancia que pueda tener cada “Qué” llegando a ser la alternativa más llamativa para el dueño de la maquina; teniendo como la calificación mayor la más fuerte y la menor la más débil.

Tabla 21. Argumento de venta de los “Que”

“Qué”	Argumento de venta
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	1.5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	1.4
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	1.3
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	1.5
Qué el costo de operación sea bajo	1.5
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	1.5
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	1.5

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En las siguientes dos columnas procederemos a realizar la ponderación absoluta y la relativa. La primera se obtiene multiplicando el valor ubicado en la columna de la importancia de cada “Qué”, el de la ratio de mejor y por último el de argumento de venta. Y la segunda se da como el cociente del producto dividido entre cien y la ponderación absoluta correspondiente, con la sumatorias de las ponderaciones absolutas.

Tabla 22. Ponderación de los “Que

“Qué”	Importancia	Ratio de mejora	Argumento de venta	Ponderación Absoluta	Ponderación relativa
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5	0.8	1.5	6	8.9405
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	0.6	1.4	2.52	3.7550
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3	0.6	1.3	2.34	3.4868
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	4	2.05	1.5	15	22.3513
Qué el costo de operación sea bajo	4	1.25	1.5	7.5	11.1756
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	5	2.5	1.5	18.75	27.9392
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	5	2	1.5	15	22.3513

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la última columna colocamos el orden de importancia de los “Qué”, donde el más importante es aquel de mayor ponderación relativa y pues el menos importante es el que tiene menos.

Tabla 23. Orden de importancia de los “Que”

“Qué”	Orden de importancia
Qué el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5
Qué el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	6
Qué tenga un fácil acceso para el mantenimiento	7
Qué el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	3
Qué el costo de operación sea bajo	4
Qué reduzca los tiempos actuales del proceso	1
Qué sea seguro operarlo por parte del operario	2

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

De la tabla anterior se puede concluir que los aspectos más importantes del proyecto son los que se relacionan directamente con reducir con los tiempos del proceso, priorizar la seguridad del operario y que el costo de fabricación de la solución sea la menor posible.

4.2.5 Desarrollar la lista de los “Cómo”. Empezaremos a plantear los “Cómo”, de tal manera que son las respuestas que se proponen de forma técnica para suplir los requerimientos necesarios de los “Qué” enunciados.

- Ergonomía (1 a 10)
- Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)
- Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 baja facilidad, 10 alta adaptabilidad)
- Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)
- Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)
- Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)
- Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)
- Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)
- Cantidad de consumo de energía (KW)

- Duración del proceso (minutos)

4.2.6 Analizar los “Cómo”. Al igual que se hizo con los “Qué”, se debe realizar un estudio a los “Cómo” de tal manera que se pueda establecer que relevancia que tenga en la matriz. En esta parte se busca respuestas técnicas, para poder proponer un objetivo técnico esperado.

En este estudio se concluye que las alternativas planteadas cumplen con la mayoría de objetivos propuestos, ya que son netamente dirigidas a modernizar el sistema de corte.

4.2.7 Relacionar los “Qué” con los “Cómo”. Esta actividad es la más significativa para poder evaluarla por medio de la matriz de QFD; ya que relaciona los deseos del cliente y con las respuestas técnicas que le podamos mostrar; aparte que es la parte central del proceso.

Para relacionarlas cuantitativamente se evalúa con 4 números el nivel de incidencia y relación entre los “Qué” con los “Cómo” en donde de:

- 0 representa que no hay relación alguna
- 1 hay una relación baja
- 3 hay una relación mediana
- 9 hay una relación alta

Tabla 24. Relación de los “Como”

	Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 baja facilidad, 10 alta adaptabilidad)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)	Cantidad de consumo de energía (Kwh)	Duración del proceso (minutos)
Que necesita la empresa										
Que el costo de implementación sea lo menos elevado posible	0	3	3	9	9	3	9	9	3	0
Que el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	0	9	0	3	3	3	3	0	3	1
Que tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0
Que el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	0	3	1	9	9	0	0	0	3	0
Que el costo de operación sea bajo	0	0	0	0	3	1	3	1	9	9
Que reduzca los tiempos actuales del proceso	1	1	0	0	0	9	0	3	1	9
Que sea seguro operar por parte del operario	9	0	0	0	0	9	3	1	0	0

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

En la fila siguiente que se llama como orientación deseada, se le da una flecha hacia arriba si se espera que el “Cómo” corresponde a un valor superior y al contrario a uno inferior.

Tabla 25. Orientación de los “Como”

Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 a 10)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)	Cantidad de consumo de energía (Kwh)	Duración del proceso (minutos)
↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para la fila de ponderación absoluta, realizamos con anterioridad una cantidad de operaciones, ya que es la sumatoria total de las multiplicaciones de la relación de los “Qué” y los “Cómo” con la relativa que le corresponde a cada “Qué”.

Tabla 26. Operación extra de los “Como”

Operaciones extras									
0	26,82	26,82	80,46	80,46	26,82	80,46	80,46	26,82	0
0	33,79	0	11,26	11,26	11,26	11,26	0	11,26	3,75
10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	3,48	0	0	0
0	67,05	22,35	201,16	201,16	0	0	0	67,05	0
0	0	0	0	33,52	11,17	33,52	11,17	100,58	100,58
27,93	27,93	0	0	0	251,45	0	83,81	27,93	251,45
201,16	0	0	0	0	201,16	67,05	22,35	0	0

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Tabla 27. Ponderaciones de los “Como”

Orientación deseada	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Ponderación Absoluta	239,5619	166,0706	59,6334	303,3527	336,8797	512,3379	195,7979	197,8095	233,6611	355,789	595,3509
Ponderación Relativa	40,2387	27,8945	10,0165	50,9535	56,5850	86,0564	32,8878	33,2257	39,2476	59,7612	100
Importancia	5	9	10	4	3	1	8	7	6	2	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para la fila de ponderación relativa, se realiza de la misma manera que se hizo en los análisis de los “Qué”, como el valor de la absoluta por 100 dividido en la sumatoria de las ponderaciones absolutas. También, se le añade el nivel de importancia a cada “Cómo” priorizando a las de calificación más alta.

De esta tarea se puede concluir que los “Cómo” con mayor relevancia en el sistema de corte se prioriza la frecuencia de intervención del operario, la duración del 63

4.2.8 Matriz de Evaluación. En la Tabla número 28 se presenta completa la matriz QFD de la sección de corte del presente proyecto

Tabla 28. Matriz QFD del sistema de corte

Que necesita la empresa	Importancia	Ergonomía (1 a 10)	Facilidad en encontrar las piezas de repuesto (1 a 10)	Facilidad de adaptación a nuevas implementaciones (1 a 10 alta adaptabilidad)	Nivel de modificación que requiere la infraestructura del sistema (1 a 10)	Volumen adicional que ocupa la implementación (1 a 10)	Frecuencia de intervención del operario (1 a 10)	Necesita capacitación para la operación (0 no necesaria, 1 necesaria)	Tiempo de adaptación del sistema (1 a 10)	Cantidad de consumo de energía (kwh)	Duración del proceso (minutos)	Estado Actual	Alternativas			Objetivo	Rate de mejora	Argumento de venta
													Guadaña	Sistema Neumatico de Alicates	Guillotina			
Que el costo de implementación sea lo menos elevado posible	5	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	5	4	4	4	4	0,8	1,5
Que el costo de mantenimiento sea lo menos elevado posible	3	0	9	0	3	3	3	3	0	3	1	5	4	3	4	3	0,6	1,4
Que tenga un fácil acceso para el mantenimiento	3	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	5	4	4	3	3	0,6	1,3
Que el costo de fabricación sea lo menos elevado posible	4	0	3	1	9	9	0	0	0	3	0	2	4	4	3	5	2,5	1,5
Que el costo de operación sea bajo	4	0	0	0	0	3	1	3	1	9	9	4	4	4	4	5	1,25	1,5
Que reduzca los tiempos actuales del proceso	5	1	1	0	0	0	9	0	3	1	9	2	4	5	4	5	2,5	1,5
Que sea seguro operarlo por parte del operario	5	9	0	0	0	0	9	3	1	0	0	2	3	4	3	4	2	1,5
Orientación deseada	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		27	28	25			
Ponderación Absoluta		239,56191	166,0706303	59,63343764	303,3527045	336,8797497	512,338	195,7979437	197,8096	233,6612	355,789	595,35092						
Ponderación Relativa		40,238775	27,83457877	10,016519	50,95359684	56,58507283	86,05646	32,88782099	33,22571	39,24763	59,76123	100						
Importancia		5	9	10	4	3	1	8	7	6	2							

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

4.2.9 Selección de la alternativa más adecuada. Posteriormente al análisis de la relación entre los requerimientos de los clientes con las respuestas técnicas que proponemos y la manera en que cada alternativa responde a dicha relación, se puede concluir que:

En cuanto los “Qué”; el de mayor de importancia, posee la ratio de mejora más alto entre todos, en este caso es el que propone la reducción del tiempo del proceso; gracias a que este hace que genere tiempos muertos y retarde la producción.

Lo anterior se corrobora al ver que los dos primeros “Cómo” con mayor importancia ya que están directamente relacionados con la reducción de tiempo del proceso, como lo son: la disminución e intervención del operario y el otro es la duración del mismo, otras pautas que se consideran importantes son las que tienen en cuenta es el volumen de la implementación y el nivel de modificación a la máquina.

De lo anterior podemos concluir que la opción que cumple de mejor manera los deseos de la empresa es el sistema neumático de cizallas, para nosotros es muy importante que el proceso se pueda garantizar durante más tiempo, además que hablando del análisis de la matriz el segundo “Qué” de mayor importancia es el de la seguridad del operario y en este caso, el sistema de cizallas al contar con unas cuchillas más pequeñas que la guadaña reduce el peligro de corte.

5. DISEÑO DETALLADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el capítulo siguiente, se realizará el diseño detallado de la alternativa anteriormente seleccionada para sección de guías y corte de la máquina de malla electrosoldada en Almasa S.A, sede Bogotá, para el fin se llevarán a cabo los cálculos necesarios para el diseño, se determinarán materiales, dimensiones y elementos conjuntos para que de esta manera realice la tarea necesaria para su buen y óptimo funcionamiento.

5.1 DETERMINAR PARÁMETROS INICIALES

Los parámetros iniciales se determinarán, ya que es de vital importancia tener en cuenta aspectos relevantes para el buen funcionamiento del equipo, así como tener presente limitaciones de espacio, materiales y funcionalidad; como agregado, estos parámetros se dan bajo criterio de la empresa y de los ponentes realizadores del trabajo de grado.

Para dar inicio a la determinación de estos parámetros iniciales, se tiene presente datos actuales de la máquina con respecto a producción, materiales, tiempos necesarios en la fabricación de la malla electrosoldada; por ende, como se ha presentado anteriormente, la producción de la malla es registrada a partir de variables como lo es el peso, el cual en este caso es de 170 toneladas por mes trabajado, cabe resaltar que la máquina de malla electrosoldada realiza un trabajo continuo de 24 horas y 7 días a la semana, esta producción solo es parada por temas de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo; para este parámetro, la empresa Almasa S.A. al haber realizado el respectivo diseño de las secciones, requiere una cantidad total de malla electrosoldada mensual de 200 toneladas de peso.

Se determinó otro parámetro inicial el cual es tomado siguiendo las normas regidas para la fabricación de malla electrosoldada dada por la empresa, en donde presenta el material usado para el alambre de fabricación de malla, con esto, se muestra el acero al carbono SAE 1006 o SAE 1004, los cuales como se menciona, son acero al 0,06% y 0,04% de carbono respectivamente, con adiciones de magnesio, fósforo y azufre; este parámetro es presentado, ya que, para el sistema de corte es necesario porque con este se realiza el cálculo pertinente para la determinación de la fuerza para realizar el corte de la malla.

5.2 DISEÑAR LA SECCIÓN DE GUÍAS

En este capítulo se va a realizar el diseño detallado de la sección de guías, para lo cual se demostrará de forma detallada cada aspecto como cálculos, planos, uniones y simulaciones de la alternativa seleccionada la cual será acoplable a la sección actual de guías.

5.2.1 Dimensionar la sección de guías. El dimensionamiento en este caso de la sección de guías es de gran importancia, ya que, a partir de las longitudes tomadas inicialmente, se realizará el diseño tanto estructural como automatizado del sistema seleccionado en el anterior capítulo; debido a que el sistema será acoplable, este debe contener pautas como elementos de ajuste o unión.

5.2.2 Selección del material. El material de la sección de guías se dividirá en dos secciones, tanto en la viga de soporte como en la carcasa de inserción de material a la máquina, estos dos componentes se diferencian ya que la viga se someterá a cargas de flexión, momentos flectores y normales, y la carcasa recibirá cargas de impacto, además de, someterse a fricción por parte del alambre para la malla electrosoldada.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y a según el libro “diseño de elementos de máquinas” de Mott, se define para acero estructurales se encuentran o definen por la ASTM con la letra A, para la cual son aceros bajos al carbón y laminados en caliente, con los cuales se encuentra que en el mercado están segmentados por vigas, placas, barras, láminas y perfiles estructurales; a partir de ello, se tomó como acero adecuado para la viga de soporte de las carcasas de inserción de material el acero ASTM A 36, el cual cuenta con un punto de fluencia de 250 Mpa, una densidad de 7,85 g/cm³ y una resistencia a la tensión de 400 Mpa.¹⁴

Según el libro de Shigley, dadas las características necesarias para la operación del sistema de guías, el material adecuado para la carcasa de inserción del material AISI 4130, este material debido a que es aleado con molibdeno, esta aleación es adecuada ya que es altamente resistente al desgaste o la fricción, teniendo en cuenta que esta carcasa es la que recibe el alambre de alimentación y pasa a través de la misma, debido a esto se provoca el deslizamiento mencionado. Para la fricción que produce el rozamiento entre la carcasa de guías y el alambre que ingresa, es necesario tener en cuenta la propiedad de dureza, la cual debe ser lo suficientemente alta como para evitar que haya pérdida de material en el caso de la carcasa, para el material AISI 4130, la cual cuenta con una dureza de 467 HB la cual es equivalente a 49 HRC, para la cual a partir de criterio del libro de Mott, la dureza es adecuada y resistente para el desgaste que se puede producir en el proceso de la máquina de malla electrosoldada.¹⁵

¹⁴ Mott. Robert L. Materiales del diseño mecánico. En: Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 29-80

¹⁵ Ibid.

5.2.3 Diseño estructural de la sección de guías. Para el diseño de la estructura, en el cual se hará el montaje tanto del dispositivo de guías como el neumático, se hará la presentación, inicialmente del material necesario para la misma y la disposición de los eslabones.

Para este diseño estructural se realizará a partir de perfiles a la cual se le aplicará tanto la carga del peso de las guías, como el peso de la malla electrosoldada.

5.2.3.1 Cálculo viga horizontal de soporte. De acuerdo a lo anteriormente planteado, se realiza el respectivo cálculo de la viga de soporte de guías, la cual a partir de un sistema neumático se elevará, para de esta manera evitar el rozamiento del alambre con el electrodo para la soldadura.

Para dar inicio con el cálculo de la viga de soporte de guías, se tomará en cuenta el perfil tipo sol de 38X25 mm, ya que este reduce en gran parte el tamaño de las vigas actuales y de esta manera no aumentar costos con respecto al cilindro neumático.

Para determinar la fuerza total a la que se va a someter la viga de soporte en la sección de guías se tomó el valor de la masa total de un rollo de 30 metros de malla electrosoldada el cual es de 91,69 kilogramos, con este se encontró la fuerza del mismo como se puede apreciar en la ecuación 1, así mismo se determina el peso de las carcassas que irán sobre esta viga el cual se evalúa con el volumen y la densidad del material seleccionado como se puede apreciar en la ecuación 1, ya con estos valores se determina la fuerza total para la viga de soporte.

- *Masa de la malla* = 91.69 Kg

$$\text{Peso de la malla} = 91.69 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 898,59 \text{ N}$$

- *Volumen ingreso de alambre* = 93.6 cm³
- *Densidad AISI H42* = 8.4 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$\text{Masa ingreso de alambre} = 93.6 \text{ cm}^3 * 8.4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 786.24 \text{ gr}$$

$$\text{Peso ingreso de alambre} = 786.24 \text{ gr} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7.54 \text{ N}$$

$$\text{Peso de las 16 carcassas} = 7.54 \text{ N} * 16 = 120.64 \text{ N}$$

$$F_t = 898,59 \text{ N} + 120.64 \text{ N} = 1019.23 \text{ N}$$

Inicialmente se considera necesario realizar el diagrama de cuerpo libre, en el cual se considerarán reacciones en los apoyos y la fuerza distribuida en toda la viga,

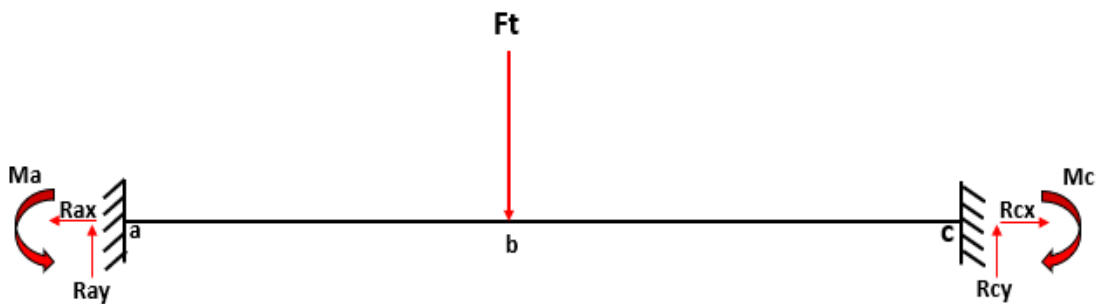
con esta consideración, se realiza la respectiva operación para volver esa fuerza puntual y justo en el centro de la viga.

Se realiza la respectiva sumatoria de fuerzas para determinar variables y el equilibrio estático en todo el sistema.

$$Ft = 1019.23 N$$

- Diagrama de fuerzas

Imagen 26. Diagrama de fuerzas



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

$$\sum Fy = Ray - Ft + Rcy = 0$$

$$\sum Fx = Rax - Rcx = 0$$

Para determinar las reacciones en los apoyos, esta, al ser una viga simétrica y tener la fuerza justo en el centro de la misma, se pueden determinar de la siguiente manera.

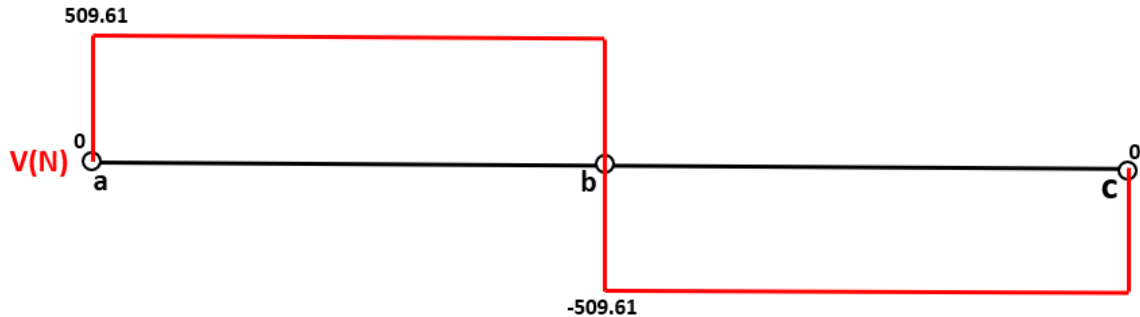
$$Ray = Rcy = \frac{Ft}{2}$$

$$Ray = Rcy = 509.61 N$$

En la determinación del diagrama de fuerza cortante se representarán tanto las reacciones en los apoyos, como la fuerza aplicada a la viga como se muestra a continuación.

- Diagrama de fuerza cortante

Imagen 27. Diagrama de fuerza cortante



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

- $R_{ay} = 509.61 \text{ N}$
- $R_{cy} = 509.61 \text{ N}$
- $F_t = 1019.23 \text{ N}$

- Determinación de los momentos

Para la determinación de los momentos se utiliza el método de doble integración para la cual aplica la siguiente Ecuación 1.

Ecuación 1. Medida de rigidez o resistencia a la flexión

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Fuente: MOTT. ROBERT L. análisis de esfuerzos y deformaciones. En: Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 111p ISBN 0130618853

Donde,

M = momento de flexión

X = la posición de la viga medida a lo largo de su longitud

Y = deflexión de la viga

Despejando el momento flector en la ecuación, queda de la siguiente manera.

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M$$

Se determinan los momentos en C para considerar la ecuación de momento a continuación.

$$M = -Ma + 509.61 N (X) - 1019.23 N (X - 1.375 m)$$

La ecuación de momento se reemplaza en la ecuación, la cual considera el método de doble integración.

$$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = -M + 509.61 N (X) - 1019.23 N (X - 1.375 m)$$

Se realiza la primera integral de la ecuación para obtener la ecuación de pendiente como se muestra a continuación.

$$E * I * \frac{dy}{dx} = -M(X) + 509.61 N \frac{(X^2)}{2} - 1019.23 N \frac{(X - 1.375 m)^2}{2} + C1$$

Después, se realiza la segunda integral, para de esta manera hallar la ecuación de deflexión o deformación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$E * I * y = -\frac{M(X)^2}{2} + 509.61 N \frac{(X^3)}{6} - 1019.23 N \frac{(X - 1.375 m)^3}{6} + C1(X) + C2$$

Para hallar los valores de las constantes de integración $C1$ y $C2$ los cuales dependen de las condiciones geométricas en la frontera, en este caso solo se evalúa el valor de la pendiente con respecto a los valores de X y Y de la siguiente manera.

Cuando $X = 0$ Y $Y = 0$, entonces,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0 \qquad C2 = 0 \qquad C1 = 0$$

Tomando la ecuación , se toma el valor del módulo de elasticidad, la pendiente y la pendiente como cero y reemplazan los valores de X el cuál es la mitad del valor de la longitud total de la viga y $C1$, para determinar el momento en el punto a.

$$-Ma(1.375) + 509.61 N \frac{(1.375^2 m)}{2} - 1019.23 N \frac{(1.375 m - 1.375 m)^2}{2} = 0$$

$$Ma = 350.35 N * m$$

Al tener una viga totalmente simétrica y tener en cuenta que la fuerza aplicada se encuentra justo en la mitad de la viga, suponemos el valor del momento en el punto a igual al momento en el punto c.

$$Ma = Mc = 350.35 N * m$$

Ya con los valores de las reacciones en los apoyos y los momentos generados por el empotramiento, se determina la deformación en el centro de la viga el cual es el máximo punto de deflexión, para esto tomamos la ecuación , para de esta manera reemplazar los valores del punto máximo de la deflexión en la longitud de la viga, los valores de $C1$ y $C2$, además de los respectivos valores tanto del módulo de elasticidad como del momento de inercia como se presenta a continuación.

Modulo de elasticidad acero A36 = 200 Gpa

Momento de inercia = 5,2 cm³

$$EI * y = -\frac{M(1.375)^2}{2} + 509.61 N \frac{(1.375 m)^3}{6} - 1019.23 N \frac{(1.315 m - 1.375 m)^3}{6}$$

$$EI * y = -110.39 N * m^3$$

$$Y = \frac{-110.39 N * m^3}{E * I}$$

$$Y = \frac{-110.39 N * m^3}{(200 * 10^9 Pa) * (5.2 * 10^8)} = -0.01061 m \approx -1.061 cm$$

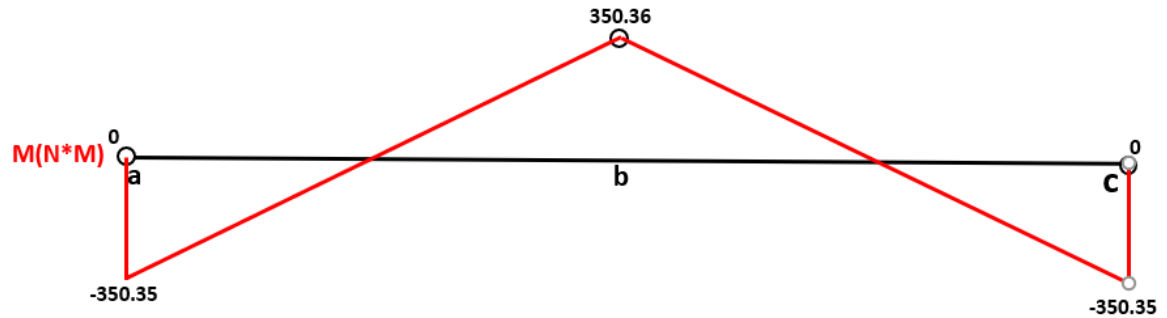
A partir de los momentos en generados en las reacciones en los apoyos de la viga, se determina el momento flector máximo ubicado en el centro de la viga o en el punto b, para de esta manera realizar el respectivo diagrama de momento flector de la misma como se puede apreciar a continuación.

El momento flector máximo se determina con el método de áreas del diagrama de fuerza cortante con la ecuación presentada a continuación.

$$Mb = 509.61N (1.375m) = 700.71 N * m$$

- Diagrama de momento flector

Imagen 28. Diagrama de momento flector



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

A continuación se realizará la respectiva comprobación de la viga, para lo cual, para el material A36 se encontró un esfuerzo de fluencia de 250 mega pascales, con el cual se hará la respectiva comparación con el esfuerzo máximo presentado en la viga, cabe realizar la reiteración en cuanto a que el valor de la fuerza aplicada sobre la viga es de un rollo completo de malla electrosoldada de 30 metros de largo, para lo cual se determina como un factor de seguridad ya que el valor real de la fuerza a la cual se somete la sección de guías es de un tercio de ese valor.

$$S = \text{módulo de sección} = 2.73 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{fluencia}} = 250 \text{ Mpa}$$

Ecuación 2. Ecuación de flexión

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC}{I} \quad \frac{I}{c} = S \quad \sigma_{\text{Max}} = \frac{M}{S}$$

Fuente: MOTT. ROBERT L. análisis de esfuerzos y deformaciones. En: Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 106p ISBN 0130618853

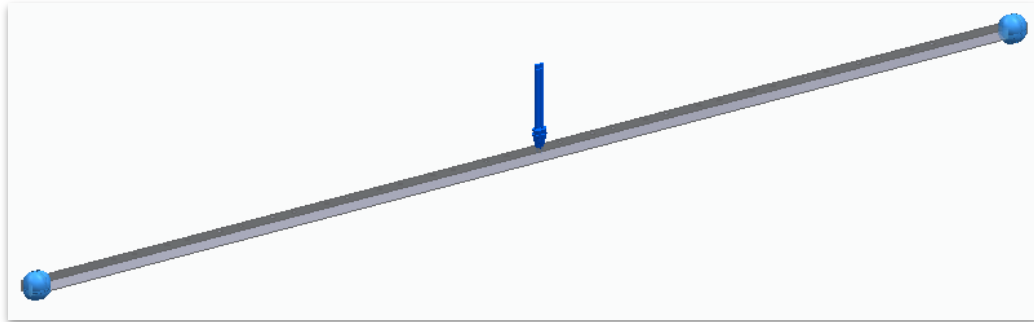
$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{700.710 \text{ N.mm}}{2730 \text{ mm}^3} = 256.67 \text{ Mpa}$$

Como conclusión de la comparación del esfuerzo al cual se somete la viga y el esfuerzo de fluencia del material de la viga, se determina óptimo, ya que, a pesar de haber superado el valor de fluencia, este se encuentra en los límites óptimos recordando la sobre dimensión que se presentó en la carga aplicada a la viga.

Simulación

Para la comprobación de la viga, se hará uso de un software de elementos finitos, en este caso se realizará con solid Edge, el cual cuenta con un evaluador en ese aspecto como lo es el NX Nastran, para iniciar se toma como empotrados los apoyos y por consiguiente la fuerza distribuida se opera y se toma como carga puntual como se puede apreciar en la imagen 29.

Imagen 29. Viga sistema de guía



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Como se puede apreciar la carga se genera en la cara superior de la viga, se tuvo que dividir en dos, ya que la única modalidad que presentaba el software para ubicar la carga era en la ubicación de las carcasas de inserción de material o alambre.

Como podemos observar en la imagen 29, se realiza un estudio estático lineal para el cual se utilizará una malla tetraédrica para mayor eficiencia al momento de la toma de resultados.

Tabla 29. Tabla de propiedades del estudio

Propiedad del estudio	Valor
Nombre del estudio	Estudio estático 1
Tipo de estudio	Estático lineal
Tipo de mallado	Tetraédrico
Solucionador iterativo	Activado
Verificación de geometría de NX Nastran	Activado
Línea de comandos de NX Nastran	
Opciones de estudio de NX Nastran	
Opciones generadas de NX Nastran	
Opciones predeterminadas de NX Nastran	
Opción de sólo resultados de superficie	Activado

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

En tanto a las propiedades del material seleccionado para la viga la cual soporta el sistema de guías como lo es el acero A36, tenemos los valores de densidad, módulo de elasticidad, limite elástico y tensión de rotura o último.

Tabla 30. Tabla de propiedades del material de la viga

Propiedad	Valor
Densidad	7850,000 kg/m ³
Coefficiente de expansión térmica	0,0000 /C
Conductividad térmica	0,014 kW/m-C
Calor específico	440,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	200000,003 MPa
Coefficiente de Poisson	0,260
Límite elástico	248,000 MPa
Tensión de rotura	400,000 MPa
% de elongación	0,000

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Con respecto a las fuerzas que se pueden apreciar en la tabla 30, cada una tiene un valor de 509,61 N las cuales al sumarlas tienen el total de la carga soportada evaluada en los cálculos anteriores.

Como podemos observar en la tabla 31, tenemos el cuerpo mallado el cual es la viga de soporte del sistema de guías y los datos importantes con respecto al mallado de la viga son el número total de nodos y el tamaño de malla, el cual en este caso se encuentra un valor de 7 en la escala de 1 a 10.

Tabla 31. Tabla de propiedades de la malla

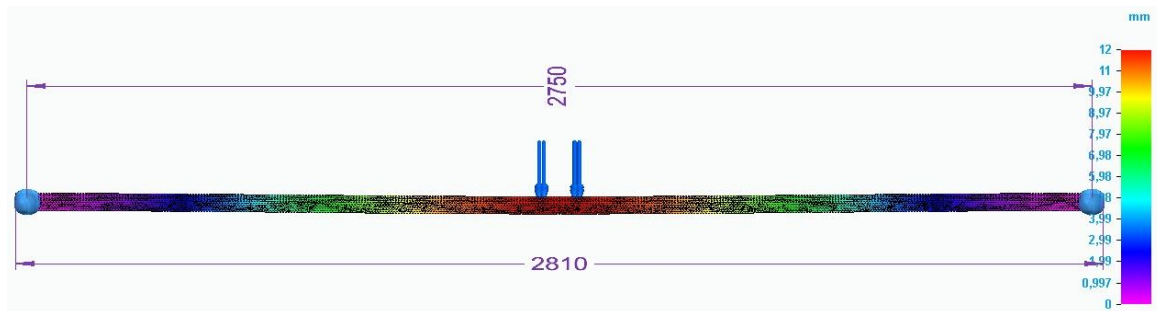
Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	52.509
Número total de nodos	87.055
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	7

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Con respecto al desplazamiento de la viga, tenemos un valor de 12 milímetros en la sección central de la viga como podemos observar en la imagen30, las

convenciones que encontramos allí, a partir de la variación de color en el que se encuentre la viga deducimos el desplazamiento de la misma.

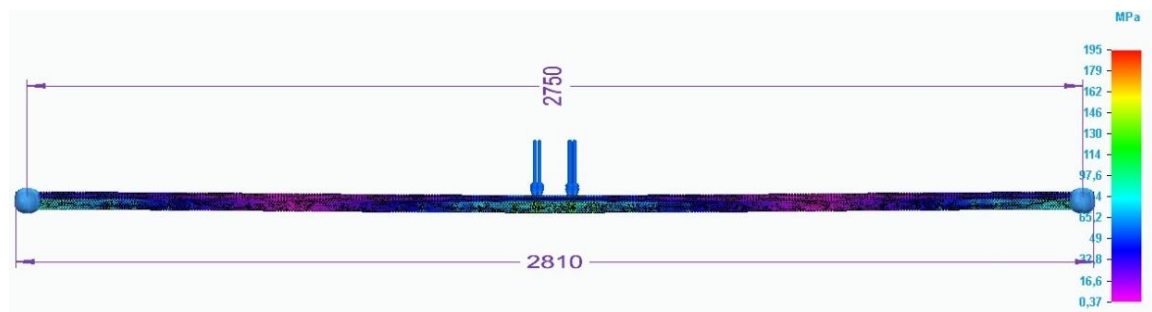
Imagen 30. Desplazamiento total de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

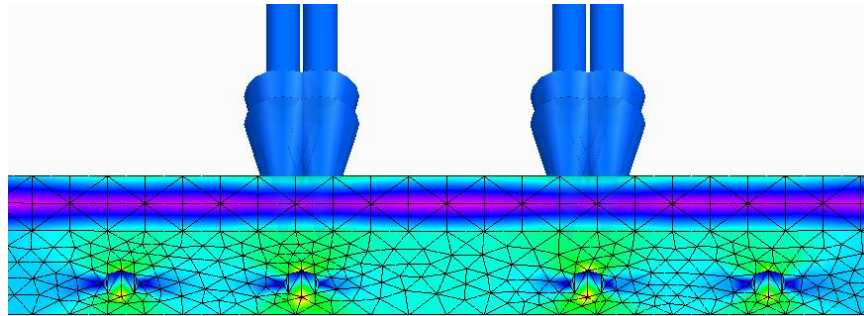
Por consiguiente, en la imagen 31, se presenta los resultados arrojados por la simulación en el software, el cual nos da los valores de los esfuerzos a los cuales se somete la viga de soporte, con un valor máximo de 195 Mpa, para la imagen 31, vemos la sección de viga central donde el esfuerzo se ubica en su valor máximo mencionado.

Imagen 31. Esfuerzos aplicados a la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Imagen 32. Sección de viga con mayor esfuerzo



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Para efectos de verificación del proceso de simulación, se realiza la respectiva convergencia de malla, en la cual se va disminuyendo el tamaño de malla para así lograr comprobar los datos arrojados por la misma como se presenta a continuación.

Tamaño de malla 5

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 55.536 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

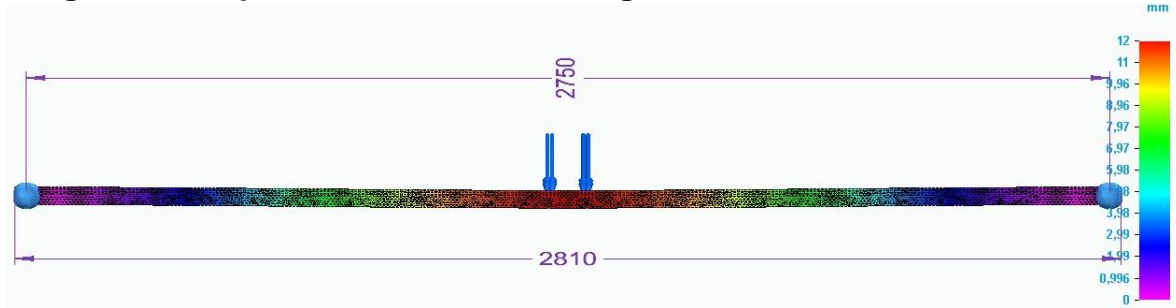
Tabla 32. Tabla de propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	32.146
Número total de nodos	55.536
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	5

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor no varía a pesar del cambio de tamaño, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

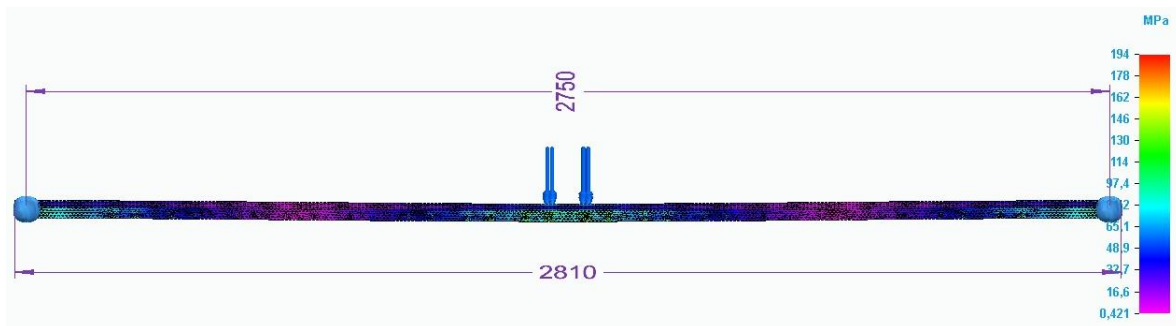
Imagen 33. Desplazamiento total de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en la viga de la sección de guías, disminuye una unidad, llegando a los 194 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 195 Mpa.

Imagen 34. Esfuerzos aplicados a la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Tamaño de malla 3

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 62.784 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

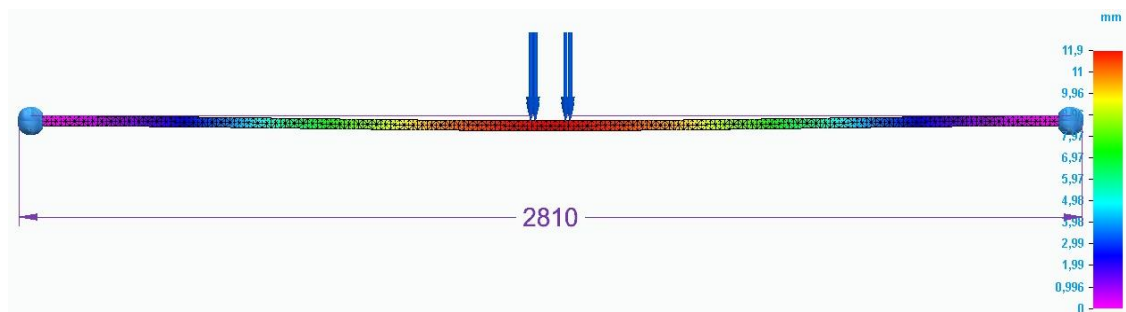
Tabla 33. Tabla de propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	36.929
Número total de nodos	62.784
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	3

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.1 milímetro, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

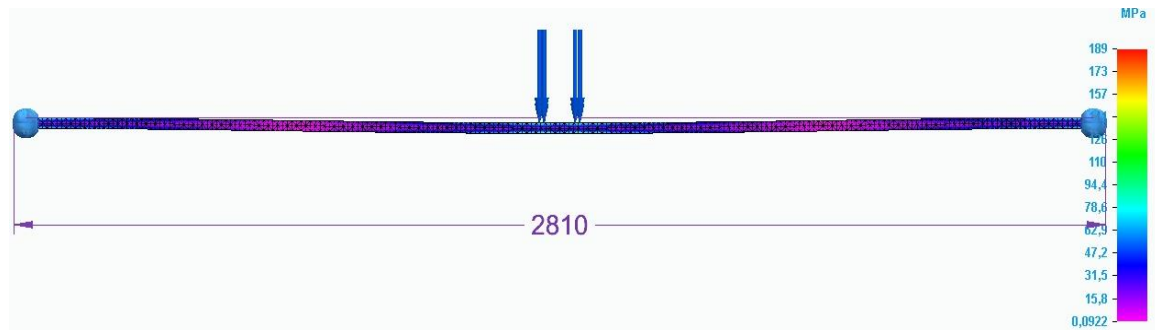
Imagen 35. Desplazamiento total de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en la viga de la sección de guías, disminuye una unidad, llegando a los 189 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 195 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 36. Esfuerzos aplicados a la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

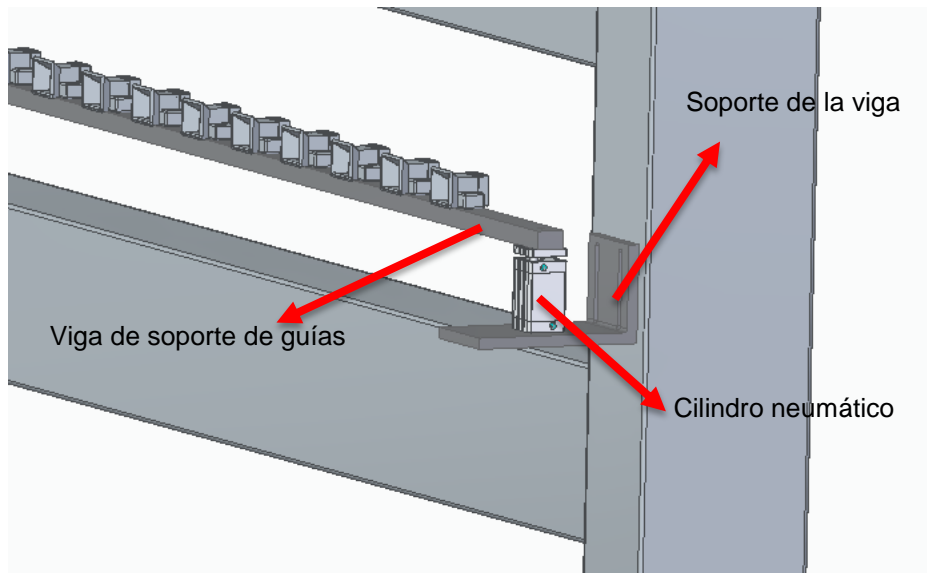
Concluyendo la variación en el tamaño de malla, se consideran válidos los resultados obtenidos por el simulador, ya que, al tener valores de malla de 7, 5 y 3 respectivamente, no se presentó un cambio notorio en los resultados comparados con los cálculos iniciales.

Como conclusión de la simulación inicial del tamaño de malla 7 realizada en la viga de soporte, se ratifican los resultados obtenidos en los cálculos realizados inicialmente, en el desplazamiento de la viga, donde en los cálculos se obtuvo un valor de 1.061 centímetros comparado con el desplazamiento de 1.2 centímetros por parte del software de elementos finitos; en el cálculo de los esfuerzos en la viga hubo un desfase, ya que en los cálculos se observa un esfuerzo de 256,67 Mpa y en la simulación un valor de 189 Mpa en su punto máximo.

Finalmente se aprueba la viga calculada ya que cumple con los parámetros además de la evaluación del sistema de elementos finitos.

5.2.3.2 Cálculo de soporte de la viga. En la siguiente sección, realizará la comprobación del soporte de la viga, la cual sostendrá inicialmente el cilindro neumático y el cilindro seguidamente sostiene la viga calculada anteriormente como se puede apreciar en la siguiente imagen.

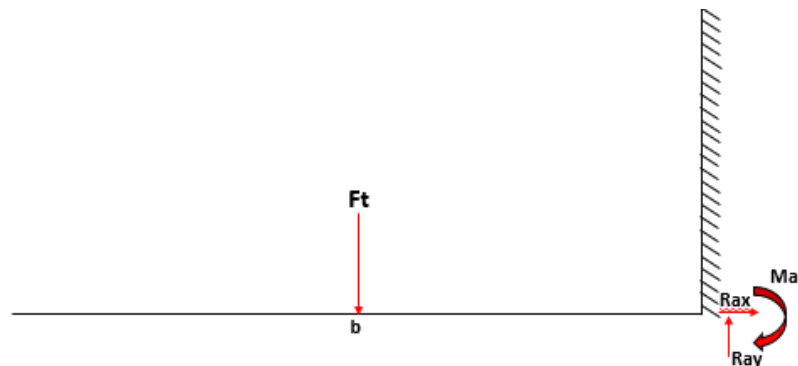
Imagen 37. Soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Para iniciar con el proceso de cálculos, se realiza el respectivo diagrama de cuerpo libre del elemento, para así determinar las fuerzas y las reacciones en los apoyos como se aprecia en la siguiente imagen.

Imagen 38. Diagrama de cuerpo libre del soporte de viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

A partir del diagrama anterior podemos apreciar las respectivas fuerzas que se aplican en el soporte y a partir de allí se realiza la sumatoria de fuerzas y

momentos para hallar los diagramas de fuerza cortante y de momento flector como se presenta en la imagen 38.

$$\sum Fy = Ray - Ft = 0$$

Para hallar la fuerza Ft primero tomamos la reacción de la viga anterior la cual es 509,61 N y se calcula el peso de la viga de la siguiente manera.

$$\text{Densidad el material AISI A36} = 7.60 \frac{Kg}{m}$$

$$\text{Longitud de la viga} = 2.75 \text{ m}$$

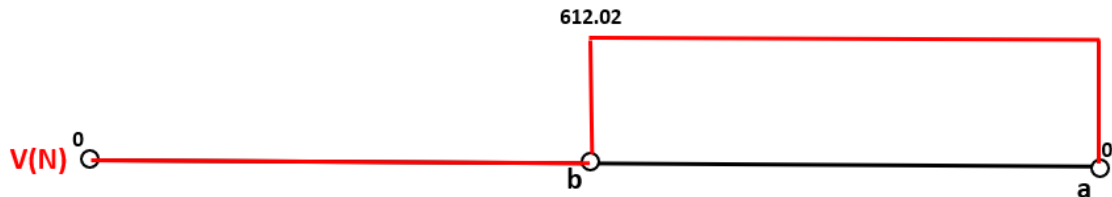
$$\text{Masa de la viga} = 7.60 \frac{Kg}{m} * 2.75 \text{ m} = 20.9 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de la viga} = 20.9 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s} = 204.82 \text{ N}$$

$$Ft = 509.61 \text{ N} + \frac{204.82}{2} \text{ N} = 612.02 \text{ N}$$

$$Ray = Ft = 612.02 \text{ N}$$

Imagen 39. Diagrama de fuerza cortante del soporte de viga



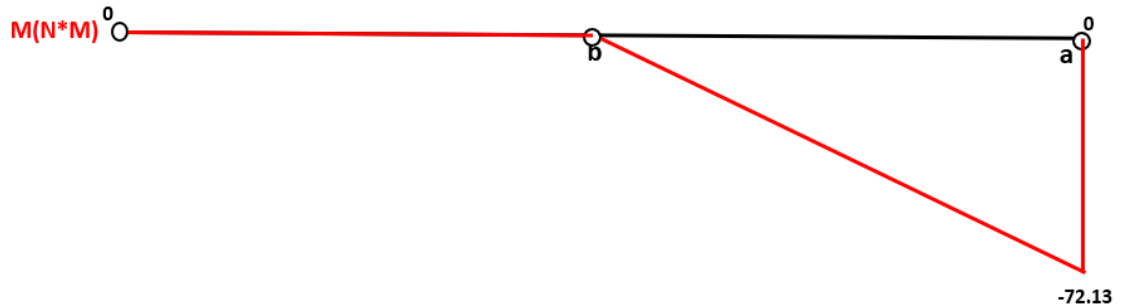
Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

Teniendo en cuenta el valor obtenido de la reacción en el punto a, realizamos sumatorias de momentos en a para poder realizar los diagramas de momento flector como se aprecia a continuación.

$$\sum Ma = Ft(0.1175 \text{ m})$$

$$Ma = Ft(0.1175 \text{ m}) = 72.13 \text{ N} * \text{ m}$$

Imagen 40. Diagrama de momento flector del soporte de viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

Al haber obtenido los diagramas de momento flector y de fuerza cortante se procede a realizar el cálculo para la deformación de la viga con respecto a Y como se puede apreciar a continuación con el método de doble integración.

Ecuación 1. Medida de rigidez o resistencia a la flexión

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = -Ma + Ft(x)$$

$$E * I * \frac{dy}{dx} = -Ma(x) + Ft \frac{(x)^2}{2} + C1$$

$$E * I * y = -Ma \frac{(x)^2}{2} + Ft \frac{(x)^3}{6} + C1(x) + C2$$

Para hallar los valores de las constantes de integración $C1$ y $C2$ los cuales dependen de las condiciones geométricas en la frontera, en este caso solo se evalúa el valor de la pendiente con respecto a los valores de X y Y de la siguiente manera.

Cuando $X = 0$ Y $Y = 0$, entonces la pendiente de la viga,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

$$C2 = 0$$

$$C1 = 0$$

Ya determinados las constantes de integración, se determina la deformación en el centro y final del soporte de la viga los cuales son puntos importantes al momento de determinar la deflexión, para esto tomamos la ecuación, de esta manera se reemplazan los valores de X , como se mencionó, al medio y fin de la viga; los valores de $C1$ y $C2$, además de los respectivos valores tanto del módulo de elasticidad como del momento de inercia como se presenta a continuación.

Modulo de elasticidad acero A36 = 200 Gpa

$$\text{Momento de inercia} = \frac{(b * d^3)}{12} = \frac{12 * 1.5^3}{12} = 3.375 \text{ cm}^4$$

Como se mencionó anteriormente se la distancia a la cual se va a calcular la deformación, inicialmente es en el punto medio de la viga, como se observa a continuación.

$$E * I * y = -Ma \frac{(0.1175 \text{ m})^2}{2} + Ft \frac{(0.1175 \text{ m})^3}{6}$$

$$EI * y = -0.331946 \text{ N} * \text{m}^3$$

$$Y = \frac{-0.331946 \text{ N} * \text{m}^3}{E * I}$$

$$Y = \frac{-110.39 \text{ N} * \text{m}^3}{(200 * 10^9 \text{ Pa}) * (3.375 * 10^{-8})} = -0.00004917 \text{ m} \approx -0.04917 \text{ mm}$$

Después de haber realizado el cálculo de la deformación en el medio de la viga, se realizará en el punto final del soporte de la viga, ya que será el punto máximo de deformación en toda su longitud como se aprecia en el siguiente cálculo.

$$E * I * y = -Ma \frac{(0.235 \text{ m})^2}{2} + Ft \frac{(0.235 \text{ m})^3}{6}$$

$$EI * y = -0.663879 \text{ N} * \text{m}^3$$

$$Y = \frac{-0.663879 \text{ N} * \text{m}^3}{E * I}$$

$$Y = \frac{-0.663879 \text{ N} * \text{m}^3}{(200 * 10^9 \text{ Pa}) * (3.375 * 10^{-8})} = -0.00009835 \text{ m} \approx -0.09835 \text{ mm}$$

A continuación se realizará la respectiva comprobación del soporte de la viga, para lo cual, para el material A36 se encontró un esfuerzo de fluencia de 250 mega pascales, con el cual se hará la respectiva comparación con el esfuerzo máximo presentado en el soporte de la viga, cabe recalcar la reiteración en cuanto a que el valor de la fuerza aplicada sobre la viga es de un rollo completo de malla electrosoldada de 30 metros de largo, para lo cual se determina como un factor de seguridad ya que el valor real de la fuerza a la cual se somete la sección de guías es de un tercio de ese valor.

$$S = \text{módulo de sección} = \frac{(b * d^2)}{6} = \frac{12 * 1.5^2}{6} = 4.5 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{fluencia}} = 250 \text{ Mpa}$$

Ecuación 3. Esfuerzo máximo

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC}{I} \quad \frac{I}{c} = S \quad \sigma_{\text{Max}} = \frac{M}{S}$$

Fuente: MOTT. ROBERT L. análisis de esfuerzos y deformaciones. En: Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 106p ISBN 0130618853

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{72130 \text{ N} \cdot \text{mm}}{4500 \text{ mm}^3} = 16.02 \text{ Mpa}$$

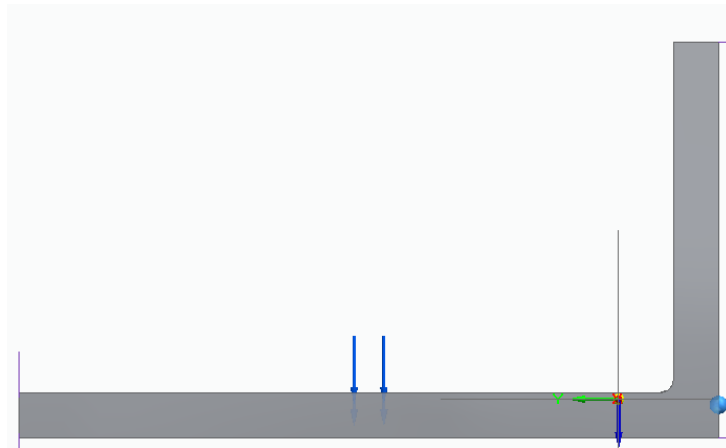
Como se pudo apreciar, el esfuerzo máximo presentado en el soporte de la viga es de 16.02 Mpa, para lo cual se determina que es totalmente viable la aplicación tanto de la carga puntual fijada en el centro de la viga como la selección del material para el cual se tiene una amplia diferencia en cuanto al valor del esfuerzo.

Simulación

A continuación para presentar la validación tanto del diseño del soporte de la viga como de los materiales seleccionados, se llevará un modelado a someterse a la aplicación de elementos finitos en una simulación, en la cual se llevara el prototipo

a cargas de igual magnitud y restricciones de movimiento a como se podría presentar en la vida real, en la imagen 41, se presenta el perfil y la dirección de la carga en el software Solid Edge el cual fue seleccionado también para realizar la comprobación de elementos finitos.

Imagen 41. Modelado del soporte de viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Inicialmente se presenta la tabla 34, en la cual podemos ver la tabla de las propiedades del estudio en el cual encontramos el tipo de estudio el cual es estático lineal, con una malla de tipo tetraédrica, lo demás que podemos apreciar, es el software que realiza la simulación de elementos finitos como lo es el programa NX Nastran ya anteriormente utilizado en la viga de soporte del sistema de guías.

Tabla 34. Tabla de propiedades del estudio

Propiedad del estudio	Valor
Nombre del estudio	Estudio estático 1
Tipo de estudio	Estático lineal
Tipo de mallado	Tetraédrico
Solucionador iterativo	Activado
Verificación de geometría de NX Nastran	Activado
Línea de comandos de NX Nastran	
Opciones de estudio de NX Nastran	
Opciones generadas de NX Nastran	
Opciones predeterminadas de NX Nastran	
Opción de sólo resultados de superficie	Activado

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

A continuación, se hace la presentación de las propiedades del material seleccionado para el soporte de la viga el cual es el acero AISI A36, en la imagen se aprecia datos necesarios como lo es, densidad, módulo de elasticidad, límite elástico y la tensión a la rotura.

Tabla 35. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga

Propiedad	Valor
Densidad	7850,000 kg/m ³
Coefficiente de expansión térmica	0,0000 /C
Conductividad térmica	0,014 kW/m-C
Calor específico	440,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	200000,003 MPa
Coefficiente de Poisson	0,260
Límite elástico	248,000 MPa
Tensión de rotura	400,000 MPa
% de elongación	0,000

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

La restricción para la viga como se pudo apreciar en el diagrama de cuerpo libre es de empotrado con viga voladiza, estos parámetros fueron tomados a la hora de realizar la simulación en el respectivo programa.

Para el enmallado del soporte se selecciona de tipo tetraédrico, con la cantidad de un cuerpo mallado el cual es el soporte de la viga, con una cantidad de 35.054 nodos en el cuerpo total y un tamaño de malla de 7 el cual es considerado como un tamaño de malla fino.

Tabla 35: Tabla de propiedades de la malla

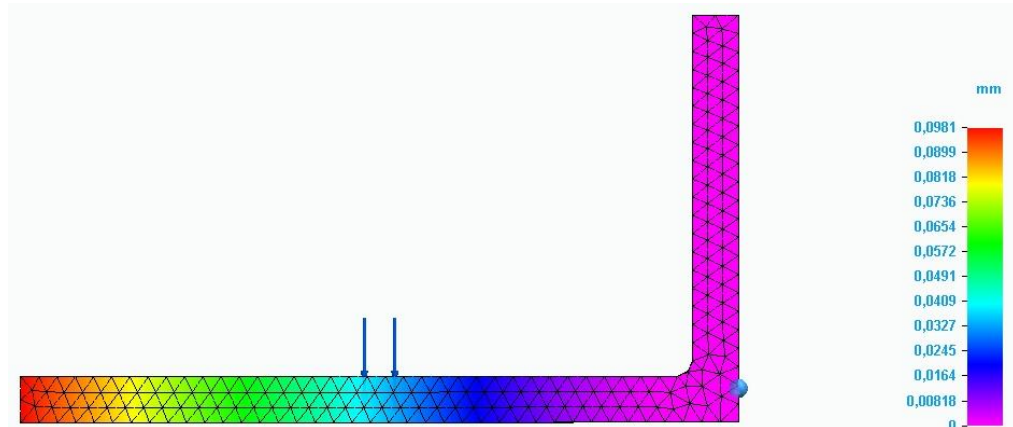
Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	21.398
Número total de nodos	35.054
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	7

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Con respecto al desplazamiento del soporte de la viga, comprobamos como lo calculamos anteriormente una deformación en el eje Y de 0,0981 mm de longitud

en su condición máxima, a partir de los colores en las convenciones nos podemos guiar en cuanto al movimiento que produce la fuerza ubicada en el centro del soporte.

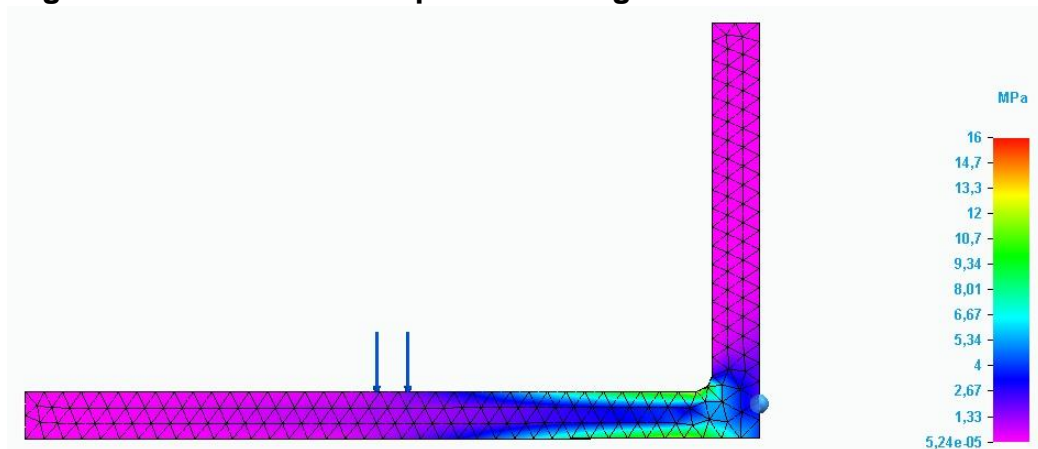
Imagen 42. Desplazamiento del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

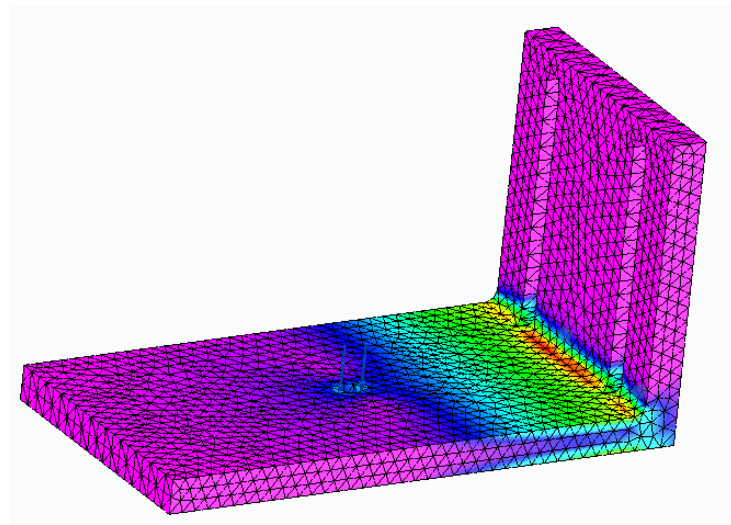
Teniendo en cuenta el desplazamiento ocasionado en la viga, se realizó la misma comprobación, pero en este caso validando los esfuerzos que ocurren en el soporte como se puede apreciar en la imagen 43, tenemos un esfuerzo máximo de 16 Mpa, los cuales ocurren en el origen del perfil ya que se presenta como un concentrador de esfuerzos, sin embargo, a pesar de existir ese valor de esfuerzo, no causa ninguna alteración importante en el material o perfil del soporte.

Imagen 43. Esfuerzos del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Imagen 44. Sección crítica del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Como podemos apreciar en la imagen 45, se presenta una vista en la cual se puede apreciar con mayor claridad los sectores del soporte de la viga en donde sufre los esfuerzos mayores, como se evidencia es una carga que afecta el concentrador de esfuerzos en el origen del perfil en cambio de dirección.

Tamaño de malla 5

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 17.181 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

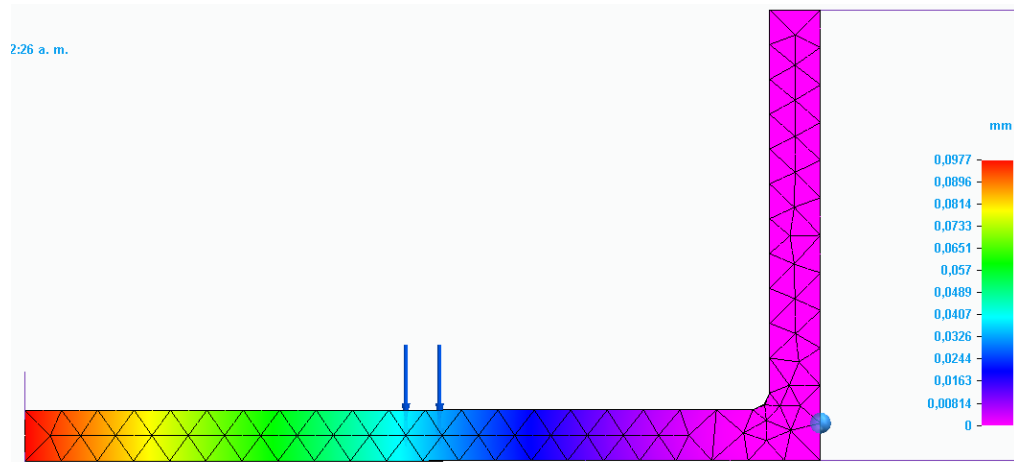
Tabla 36. Tabla de propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	9.872
Número total de nodos	17.181
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	5

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.0004 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

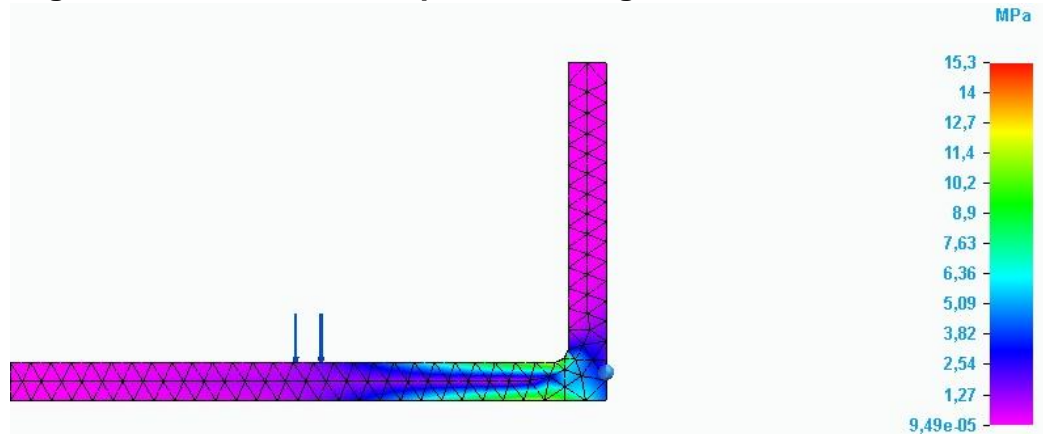
Imagen 45. Desplazamiento del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en el soporte de la sección de guías, disminuye 0.7 Mpa, llegando a los 15.3 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 16 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 46. Esfuerzos del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Tamaño de malla 3

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 10.955 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

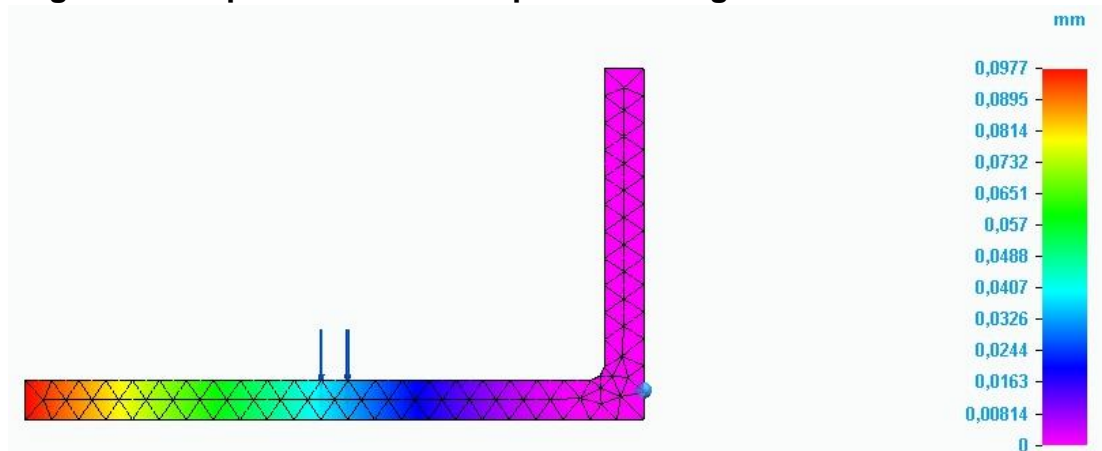
Tabla 37. Tabla de propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	6.213
Número total de nodos	10.955
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	3

Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.0004 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

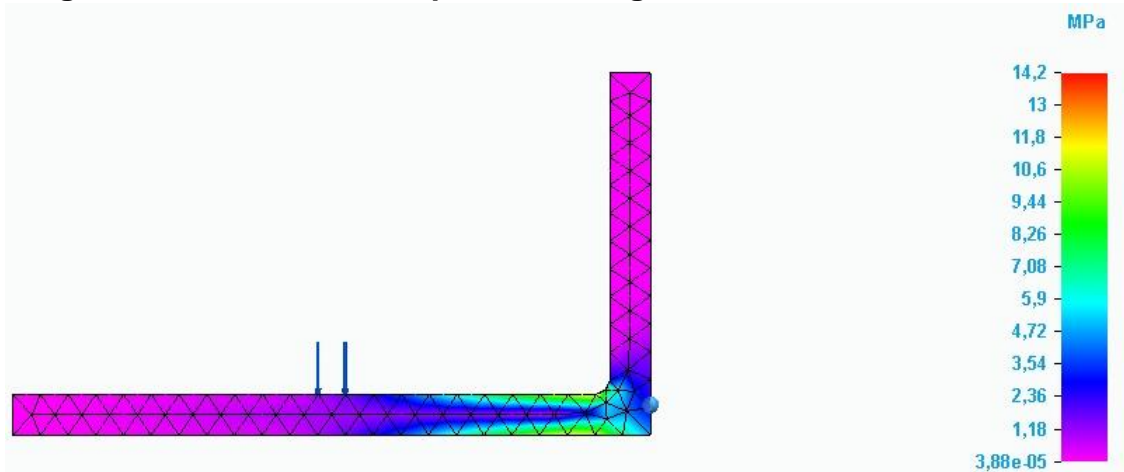
Imagen 47. Desplazamiento del soporte de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en el soporte de la sección de guías, disminuye 1.8 Mpa, llegando a los 14.2 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 16 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 48. Esfuerzos del soporte de la viga



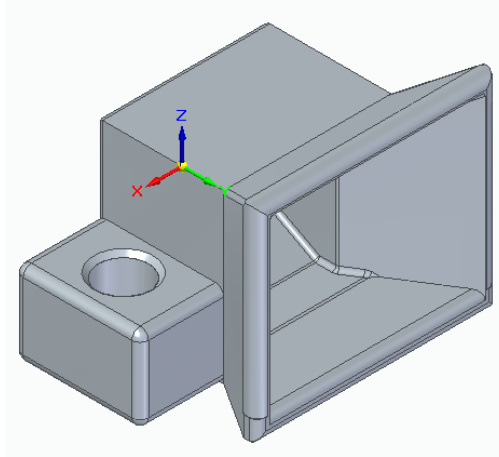
Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Con la variación de malla, se pudo apreciar el desfase con respecto al tamaño de malla 7, en donde la diferencia tanto de desplazamiento como de esfuerzos se aprecia de 16 Mpa a 14.2 Mpa, como de esfuerzos como se presentó de 0.0981 a 0.0977, del tamaño 7 al 3 respectivamente, este desfase no presenta gran cambio, por lo tanto se aprueban los resultados hallados en la simulación con el programa NX Nastran.

Como se pudo comprobar ya numéricamente y a partir de las simulaciones realizadas, el soporte de la viga es ampliamente capaz de soportar la carga que actualmente se le aplica de un valor de 612.02 N, sin que se evidencie una modificación notoria o importante tanto en el material del soporte como en la deformación del mismo.

5.2.3.3 Carcasa de inserción de material. La carcasa de inserción de material se diseñó con el material AISI 4130 como se pudo explicar en la sección de selección de material, ya que se va a someter a fricción y dicho material es resistente al desgaste; inicialmente para diseñar la carcasa para se tomaron parámetros como la reducción de área, para de esta manera lograr reducir el peso del sistema y de esta manera poder hacer la selección del cilindro neumático con propiedades las cuales reduzcan el precio del mismo.

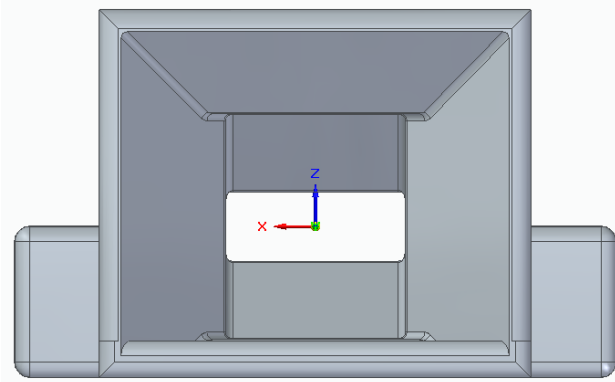
Imagen 49. Carcasa de inserción



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Como se puede observar en la imagen 49, la carcasa de inserción de material es acoplable por pernos , los cuales se fijan directamente a la viga de soporte del sistema de guías, seguidamente el diseño se contempló para que tuviera un sistema de reducción de area a partir de la longitud de la carcasa, esta reducción para que sea mas sencilla y rapida la inserción primaria del material o el alambre, hasta la longitud central de la carcasa, esta reducción deja de convertirse desde las tres paredes y se convierte en una reducción solamente horizontal como se aprecia en la imagen 50, esto para que se pueda centrar la dirección del alambre al punto correcto de soldadura.

Imagen 50. Carcasa de inserción

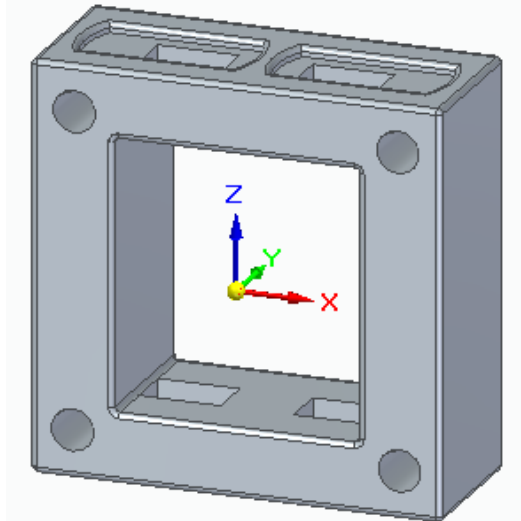


Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, este sistema acoplable es la opción viable para el sistema, ya que la prioridad en este segmento de la carcasa es la reducción de área y que el mismo sea altamente resistente al desgaste como se comprobó con el material seleccionado.

5.2.3.4 Carcasa de rodillos. La carcasa de rodillos se diseñó de tal manera, que se simplificara la ubicación y el enderezamiento del alambre, para de esta manera culminar el sistema de guías. Estos complementos se realizaron manera continua para acoplarlos como se puede apreciar en la imagen 51; el sistema es funcional y se complementan totalmente para un eficiente proceso para llegar al sistema de soldadura.

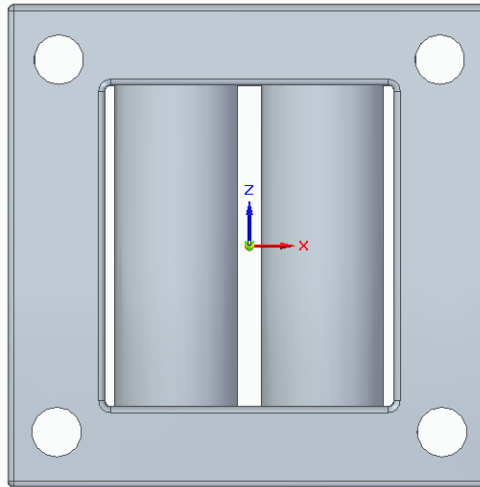
Imagen 51. Carcasa sin rodillo



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

El sistema cuenta con rodillos, los cuales cuentan con una separación de 4 milímetros, los cuales son necesarios para el alambre de mayor diámetro que utiliza la empresa, esta separación basta también para los alambres de 3 milímetros y 3.5 milímetros de diámetro, así que como se contempla, la carcasa de rodillos es eficiente para el debido funcionamiento.

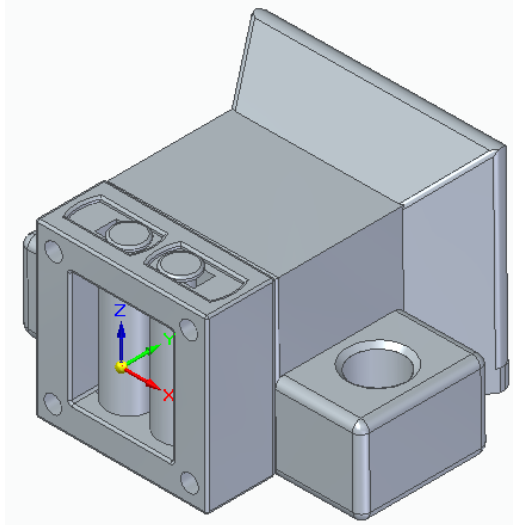
Imagen 52. Carcasa con rodillo



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Como se puede apreciar en la imagen 53, se muestra el conjunto tanto de la carcasa de inserción como de la carcasa de rodillos, de esta manera se daría su acople, estos sistemas son acoplables, ya que dado el caso en que alguna de las piezas falle, no haya que reemplazar todo el componente, si no, solo la pieza necesaria.

Imagen 53. Carcasas ensambladas



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Finalmente, para la comprobación de todo el sistema, se realizará la respectiva simulación, para así determinar puntos con mayores cargas y los esfuerzos máximos a los que se puede someterse y que las deformaciones en todo el sistema, sean las dadas para cada componente antes mencionados.

5.2.4 Selección del cilindro neumático. Para la selección del cilindro neumático, se presenta inicialmente la fuerza que se le va a aplicar al mismo, el cual se hallara de la siguiente manera.

Inicialmente para el cálculo del peso total a soportar, se tiene en cuenta el peso que ejerce la viga sobre el cilindro, el cual se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Densidad el material AISI A36} = 7.60 \frac{Kg}{m}$$

$$\text{Longitud de la viga} = 2.75 \text{ m}$$

$$\text{Masa de la viga} = 7.60 \frac{Kg}{m} * 2.75 \text{ m} = 20.9 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de la viga} = 20.9 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s} = 204.82 \text{ N}$$

Para el cálculo del peso que ejerce la malla sobre la viga y por tanto sobre el cilindro, se hará el uso del peso de un rollo de malla de 30 metros y de 4 milímetros de diámetro, pero en este caso, esta sección realmente solo recibe un tercio de este peso por lo cual el cálculo del mismo se hará de esta manera.

- $\text{Masa de la malla} = 91.69 \text{ Kg}$

$$\text{Peso de la malla} = 91.69 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s} = 898,59 \text{ N}$$

$$\text{Peso de la malla} = \frac{898,59 \text{ N}}{3} = 299.53 \text{ N}$$

- $\text{Volumen ingreso de alambre} = 93.6 \text{ cm}^3$

- $\text{Densidad AISI 4130} = 8.4 \frac{g}{\text{cm}^3}$

$$\text{Masa ingreso de alambre} = 93.6 \text{ cm}^3 * 8.4 \frac{gr}{\text{cm}^3} = 786.24 \text{ gr}$$

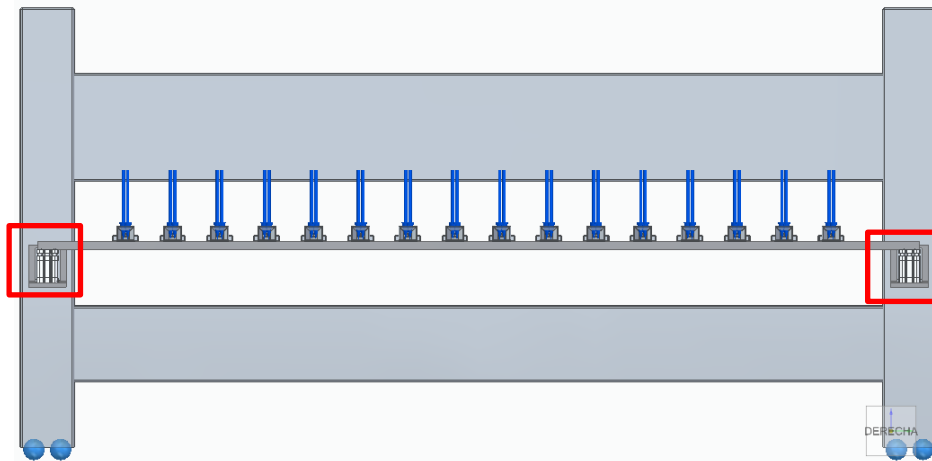
$$\text{Peso ingreso de alambre} = 786.24 \text{ gr} * 9.8 \frac{m}{s} = 7.54 \text{ N}$$

$$\text{Peso de las 16 carcasas} = 7.54 \text{ N} * 16 = 120.64 \text{ N}$$

$$F_t = 299.53 \text{ N} + 120.64 \text{ N} = 420.17 \text{ N}$$

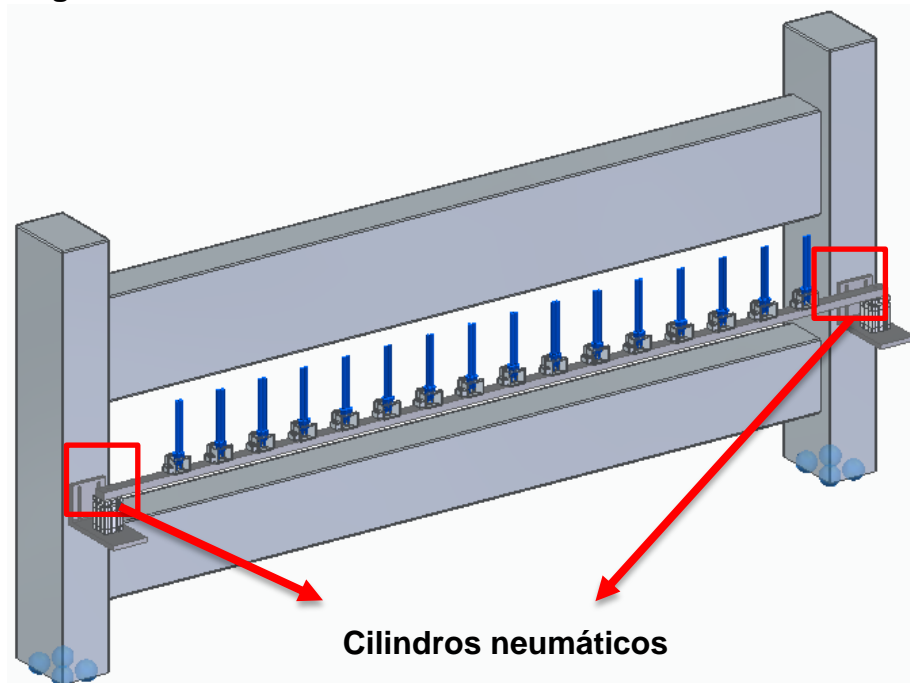
Ahora, bien así, la fuerza ejercida por la sección de guías, como lo es el peso de la malla, el peso de las carcasas y el peso de la viga ejercerán una reacción en los cilindros, estos cilindros serán dispuestos en los extremos de la viga como se muestra en la imagen 54, donde podemos en donde podemos realizar un diagrama de fuerzas para comprobar la reacción que causa esta fuerza en los cilindros para la respectiva selección.

Imagen 54. Cargas distribuidas en viga horizontal



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

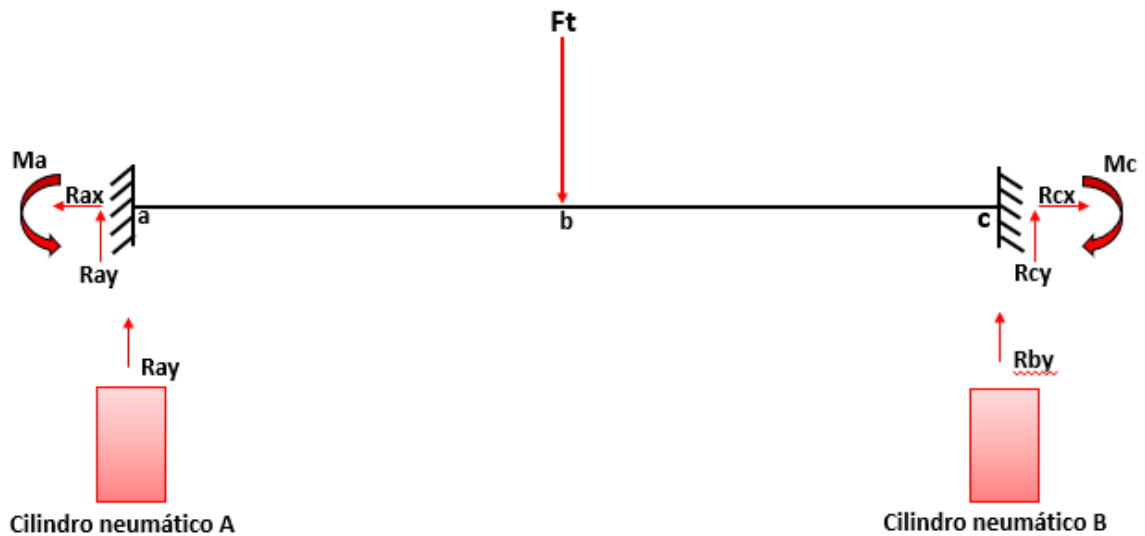
Imagen 55. Ubicación de cilindros neumáticos



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Como podemos observar en el diagrama de cuerpo libre de la imagen 55, las reacciones que causa la fuerza tanto de la malla como de la viga es igual a $Ft = \frac{420.17N}{2}$ para un total de 210.085 N para cada cilindro, con la respectiva fuerza, se realiza la selección del cilindro.

Imagen 56. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

Para la selección del cilindro neumático, tenemos como parámetro la fuerza necesaria para el accionamiento del mismo y por lo tanto también el tamaño, que de preferencia se seleccionará un cilindro compacto.

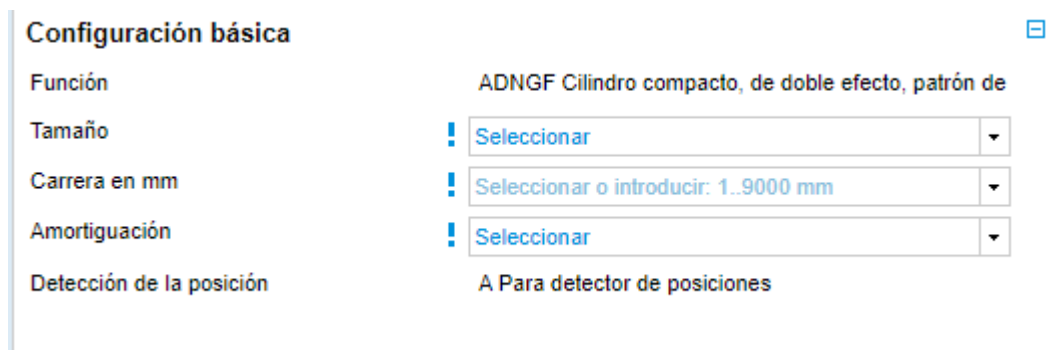
Como proveedor confiable de estos dispositivos, se selecciona a la compañía Festo, la cual es una de las más importantes a nivel internacional en tanto a productos para automatización de procesos, para lo cual se presenta el método de selección.

Para dar inicio a la selección del cilindro, Festo presenta una página web, en la cual a partir de parámetros iniciales se puede ir avanzando enfocando la búsqueda en la necesidad; para el cilindro se toma la sección de cilindros con vástago, ya que encontramos gran variedad de actuadores y su funcionamiento, a partir de ello, se ubica el foco de búsqueda en “Cilindros compactos, de carrera corta y planos”, en donde encontramos cilindros con diferentes carreras del vástago disponibles y variedad en las cargas que pueden soportar; en cuanto es esto, se toma el cilindro ADNGF para lo cual hace referencia a un cilindro doble efecto y a cilindros compactos; se selecciona un cilindro con carrera de 40 milímetros, aunque realmente de esa distancia solo se usarán 10 milímetros para

la elevación, para lograr esto, se dispone de un cilindro con sensor de posición SMPO-8E óptico.

A partir de estos parámetros accedemos a la página web como se muestra en la imagen 57, en donde encontramos el tamaño del del cilindro, la carrera y el tipo de amortiguación; inicialmente se dispone de un cilindro de tamaño 40 milímetros, para contemplar fuerzas del mismo que se presentará más adelante, la carrera como se mencionó, cuenta con 40 milímetros ya que más adelante, como la máquina se encuentra en constantes modificaciones, dado el caso en que se requiera mayor carrera, no sea necesario una nueva inversión en el mismo; finalmente el tipo de amortiguación de tipo PPS el cual es un amortiguador neumático regulable, el cual evita impactos dentro del cilindro y provoque que disminuya su vida útil.

Imagen 57. Selección de características del Cilindro



The image shows a configuration window titled "Configuración básica" for a Festo ADNGF cylinder. The window contains the following fields:

Parámetro	Valor
Función	ADNGF Cilindro compacto, de doble efecto, patrón de
Tamaño	Seleccionar
Carrera en mm	Seleccionar o introducir: 1..9000 mm
Amortiguación	Seleccionar
Detección de la posición	A Para detector de posiciones

Fuente: FESTO, PRODUCTS ADNGF [En línea] [Consultado 10 mayo de 2020] disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADNGF_1

Como se puede apreciar en la imagen 58, los datos técnicos del cilindro se toman a partir del diámetro del émbolo, con esto resulta una conexión neumática G1/8, el cual cuenta con tipo de fijación mediante roscas, taladrado o accesorios.

Imagen 58. Selección de datos

Datos técnicos generales											
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
Conexión neumática	M5	M5	M5	M5	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	
Construcción	Émbolo										
	Vástago										
	Camisa del cilindro										
Funcionamiento	Doble efecto										
Amortiguación											
P	Anillos/placas de amortiguación elásticos en ambos lados										
PPS	-		Amortiguación neumática autorregulable en ambos lados								
Carrera de amortiguación											
PPS [mm]	-		3	3,5	4	5	6	7	7,5	10	
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad										
Tipo de fijación	Mediante taladros / con rosca interior / con accesorios										
Posición de montaje	Indistinta										

Fuente: FESTO, CILINDROS COMPACTOS ADNGF [En línea] [Consultado 10 mayo de 2020] disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/ADNGF_ES.PDF

El cilindro para su funcionamiento necesita aire comprimido con una presión entre 1,4 a 10 bar con una temperatura ambiente entre -20 a 80 grados centígrados y cuenta con una resistencia a la corrosión de 2 según Festo FN 940070, lo cual señala que es aplicable para entornos industriales habituales.

Para la imagen 58, se presenta una tabla establecida por Festo, donde encontramos las fuerzas de acción del cilindro, la cual es en este caso al ser doble vástago (S2), tiene una fuerza de avance de 686 N y de retroceso de 686 N, finalmente presenta que no genera energía de impacto en las posiciones finales gracias al amortiguamiento que presenta.

Imagen 58. Selección de datos

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]										
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance										
-	68	121	188	295	483	754	1178	1870	3016	4712
S2	51	90	141	247	415	686	1057	1750	2827	4524
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso										
-	51	90	141	247	415	686	1057	1750	2827	4524
S2	51	90	141	247	415	686	1057	1750	2827	4524
Energía máx. de impacto en las posiciones finales										
-	0,07	0,15	0,2	0,3	0,4	0,7	1,0	1,3	1,8	2,5
S6	0,035	0,075	0,1	0,15	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25

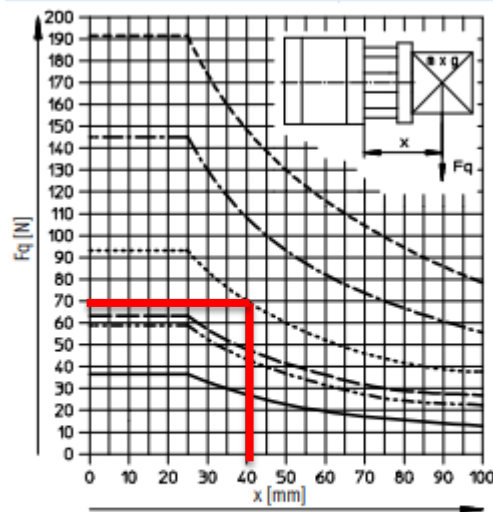
Fuente: FESTO, CILINDROS COMPACTOS ADNGF [En línea] [Consultado 10 mayo de 2020] disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/ADNGF_ES.PDF

Teniendo en cuenta el valor calculado anteriormente de la fuerza que tiene que ejercer el cilindro sobre la viga para elevarla el cual era de 210.085 N , el cilindro se ha seleccionado de tal manera que tenga un factor de seguridad el cual para este da un valor de $F.S = 3.26$ el cual es un valor aceptable y para lo cual, si mas adelante se necesita, dadas las constantes mejoras en la máquina, se pueda utilizar.

Como agregado se presenta en la gráfica 3, una tabla en donde encontramos los valores de la fuerza axial con respecto al cilindro, la cual, al realizar el proceso en la tabla, nos arroja un valor de 70 N

Gráfica 3. Fuerza transversal admisible

Fuerza transversal máxima admisible F_q en función del voladizo x



- | | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| — | Ø 12/16 | ····· | Ø 40 |
| - - - - | Ø 20/25 | — · — · | Ø 50/63 |
| - - - - | Ø 32 | - - - - | Ø 80/100 |

Fuente: FESTO, CILINDROS COMPACTOS ADNGF [En línea] [Consultado 10 mayo de 2020] disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/ADNGF_ES.PDF

De esta manera culmina la selección del sistema neumático, de manera eficiente se tomaron los respectivos parámetros y como se pudo apreciar en el modelo

CAD, la ubicación de estos en el sistema es funcional y aceptable; en los anexos se presentarán los respectivos planos del cilindro.

5.2.4.1 Sistema de alimentación. Como parte principal del sistema de alimentación se debe considerar la presión de aire que debe utilizar los émbolos para ejercer la fuerza necesaria, para cortar el alambre. Con la ecuación 4 hallamos la presión necesaria:

Ecuación 4. Relación fuerza, presión y área

$$F_c = P * A$$

Fuente. MEIXNER,H; Iniciación a la técnica neumática; Manual Festo; Alemania; 1974; Pag 99

Donde

F_c= Fuerza corte

P = Presión

A = Área

Despejamos la presión

$$P = \frac{F_c}{A}$$

Donde el área está dada por la superficie del embolo (Ecuación 5)

Ecuación 5. Área de un círculo

$$A = r^2 * \pi$$

Fuente: Aula virtual. [En Línea].[Consultado el 10 de mayo]. Disponible en [:https://www.aulafacil.com/cursos/matematicas/areasgeometricas/calculo-del-area-del-circulo-110834](https://www.aulafacil.com/cursos/matematicas/areasgeometricas/calculo-del-area-del-circulo-110834)

Sabemos que el diámetro es de 50 mm, por ende, el radio es de 25mm; pasamos el radio a metros para que queden en unidades internacionales.

$$r(m) = 25mm * \frac{1m}{1000 mm}$$

Dando como resultado 0.025m. Procedemos a reemplazar en la ecuación para hallar el área.

$$A = (0.025)^2 * \pi$$

Da como resultado $1.96 * 10^{-3} m^2$. Utilizamos la fuerza que debe ejercer la cuchilla para cortar los dos alambres, según en una actividad anterior es de 210.085 N, pero se va a utilizar 420.17N, para tener un factor de seguridad de 2. Reemplazamos en la ecuación:

$$P = \frac{420.17N}{1.96 * 10^{-3}}$$

Da como 213990 Pa. Como restricción esta la línea de alimentación del aire que opera a 10 Bares. Por esta razón pasamos el resultado de pascales a bares, en la siguiente ecuación:

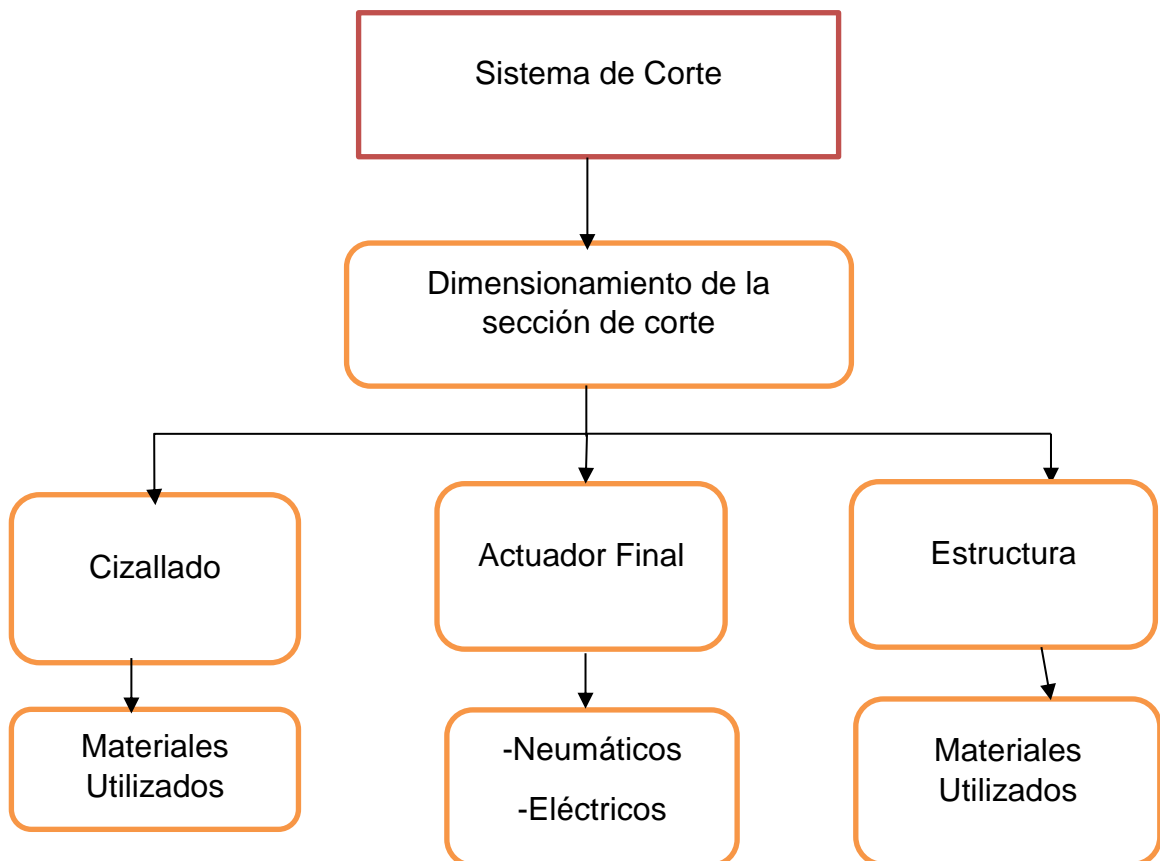
$$P(Bar) = 213990 Pa * \frac{1 Bar}{100000 Pa}$$

Da como resultado 2.13 Bares. La línea de aire que cuenta la empresa es de 10 bares lo cual nos demuestra que es apta para el uso de los pistones en el sistema de guías.

5.3 DISEÑAR LA SECCIÓN DE CORTE

Para realizar la sección de corte se debe tener en cuenta algunos aspectos, que son importantes. El sistema se divide en 4 partes principales

Diagrama 4. Estructura del sistema de corte



Fuente: elaboración propia, con base en programa WORD

5.3.1 Dimensionar la sección de corte. En la planta de Almasa S.A. ubicada en Bogotá dispone de una superficie para colocar el sistema de corte que quede totalmente alineado al tamaño de las otras partes de las máquinas y el largo está dado por la distancia del carro de arrastre a la zona de enrollado como se puede ver en la imagen 59; esta es de 3 a lo ancho por 5.9 metros de largo.

Imagen 59. Espacio disponible para el sistema de corte

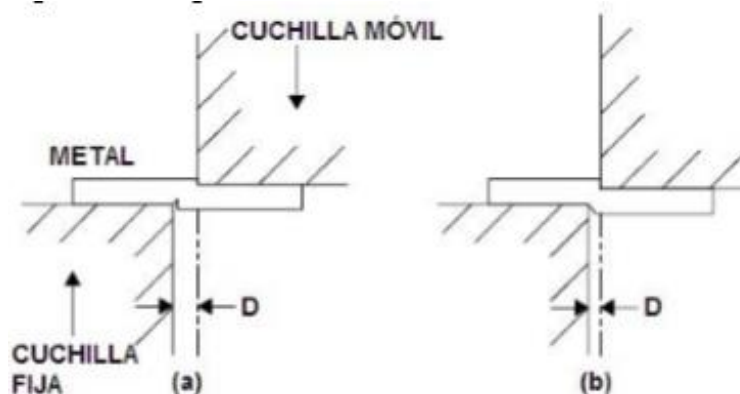


Fuente. elaboración propia

5.3.2 Cizallado. Como ya se comentó el cizallado se caracteriza por hacer cortes limpios en frío, este estilo de corte no deja ningún residuo; se pueden realizar cortes, transversales, longitudinales o diagonales. Este proceso se les aplica a varios materiales desde papeles hasta metales. Los factores que afectan el corte con cizallas son:

5.3.2.1 Juego del Cizallado. Prácticamente es la parte más importante del cizallado; ya que, si el valor es el óptimo, el corte se va a realizar de manera uniforme en el metal y así producir un corte limpio(figura 2.a); y si no es el adecuado, deformaría el alambre y realizaría el corte de manera imprecisa (figura 2.b). Esta distancia está dada por la distancia entre cuchillas a la hora de realizar el corte

Figura 2. Juego del cizallado



Fuente. CÁRDENAS, V. (2005). Introducción al Conformado Mecánico. Quito. [En línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

Para hallar el juego utilizaremos la siguiente ecuación que se encuentra en el Manual del constructor de máquinas Dubbel

Ecuación 6. Juego de cizallas

$$D = \frac{h}{25}$$

Fuente. DUBBEL, H. (n.d.). Manual del constructor de máquinas (Vol. 1). Editorial Labor SA. [En línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020] Disponible: <http://librosdelpobre.blogspot.com/2018/04/manual-del-constructor-de-maquinas-tomo.html>

Donde:

h: en nuestro caso es diámetro del alambre a cortar, aunque usualmente es el espesor de lámina

D: juego

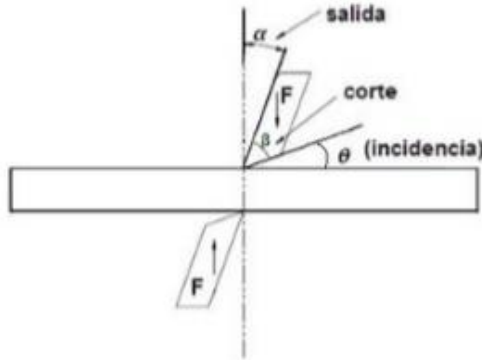
Como se nombró anteriormente la malla trabaja con 3 diámetros diferentes, los cuales son: 3mm, 3.5mm y 4mm, en este caso tomaremos el de mayor diámetro (4mm).

$$D = \frac{4}{25}$$

Da como resultado para la $D=0.16\text{mm}$, ósea que el juego entre las cuchillas será ese valor.

5.3.2.2 Ángulos en la cuchilla

Imagen 60. Ángulos de cuchilla en una cizalla



Fuente. CÁRDENAS, V. (2005). Introducción al Conformado Mecánico. Quito. [En línea]. [Consultado:28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

Esta variable está dada por la dureza del material que se va a cortar y la característica del de la cuchilla. En el proceso de cizallado pueden pasar dos cosas después de haberse producido el corte; el primero es que el corte sea bueno de tal manera que la zona de incidencia quede brillante y la segunda es que quede una zona opaca, por el desgarre que sufre el material. Para cortar aceros bajos al carbón, se utilizan cuchillas de acero duro con los ángulos más comunes, sacados de la tabla 38

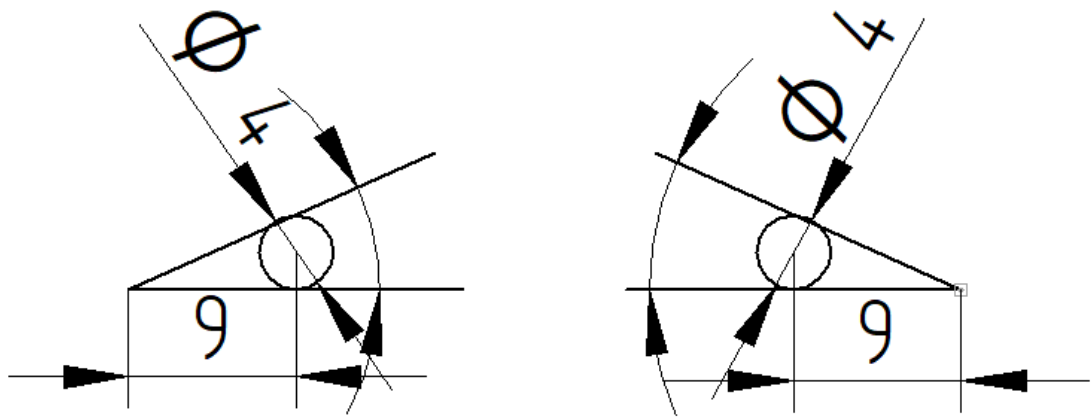
Tabla 38. Sección de viga con mayor esfuerzo

Angulo de Incidencia	$\Theta = 6$ grados
Angulo de corte o filo	$\beta = 80$ grados
Angulo de desprendimiento	$\alpha = 0$ grados

Fuente: CÁRDENAS, V. (2005). Introducción al Conformado Mecánico. Quito. [En línea]. [Consultado:28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

5.3.2.3 Ángulo entre cuchilla. La cizalla en nuestro caso va a tener una cuchilla en una V invertida y la otra recta, de esta manera cada alambre pareciera que fuera cortada por una tijera por practicidad en el mantenimiento, el tamaño de las hojas de la cuchilla es menor, por lo tanto, disminuye en general todo tipo de costos. Se quiere ubicar a 9 mm la parte de corte ya que se busca, que la distancia del centro del alambre a la esquina de la cuchilla sea más del doble al diámetro del mismo. Se piensa utilizar el diámetro de los alambres que se trabajan y en este caso es de 4 mm; para efectos de cálculos colocamos el punto de contacto con el diámetro del alambre en la mitad de la cuchilla.

Imagen 61. Ángulos entre cuchillas



Fuente. elaboración propia, con base en programa POWER POINT

Se utilizo el programa Solid Edge para hacer el boceto y así hallar el ángulo que se forma entre las cuchillas para proceder a hallar el ángulo por la función trigonométrica de tangente, ya que relaciona los catetos y en este caso somos los únicos datos que sabemos.

$$\tan(\gamma) = \frac{s}{a}$$

Donde:

s : es el cateto opuesto

a : es el cateto adyacente

γ : es el ángulo de toca hallar

Reemplazando los datos en la ecuación es

$$\tan(\gamma) = \frac{4\text{mm}}{9\text{mm}}$$

Y se pasa la inversa de la tangente al otro lado para

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{4}{9}\right)$$

$$\gamma = 23.962^\circ$$

5.3.2.4 Cálculo de fuerzas para el corte de del alambre

Utilizaremos la ecuación 7, la cual corresponde al cálculo de fuerza necesaria para realizar el corte del alambre y así producir un corte

Ecuación 7. Fuerza de corte

$$F = 0.25 * s * a * \sigma_t$$

Fuente. CARDENAS, V; Introducción al conformado Mecánico; E.P.N.; Quito; 1985; Pag.135. [En línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

Donde;

F: fuerza necesaria para el corte (N)

a : cateto adyacente

s : cateto opuesto

σ_t : esfuerzo último del material

Como se comentó con anterioridad el acero que se utiliza en las mallas es el Sae 1006. Para completar los datos faltantes en la ecuación 7, utilizamos el Anexo D para encontrar el esfuerzo último del material ya que se busca que la cizalla realice el corte sin deformar el alambre. Como se ve en la imagen 62 el esfuerzo del acero es 330 Mpa o 48 Kpsi, en nuestro caso utilizaremos el primero ya que los datos los tomamos en medidas internacionales.

Imagen 62. Ángulos entre cuchillas

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in. %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95

Fuente: UDC-SISMEC. [En Línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020]: Disponible en: http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Propiedades_aceros.pdf

De esta manera se completa la ecuación, con datos proporcionados con anterioridad de la siguiente manera, la resistencia ultima se pasa de Mpa a pa quedando como 330000000, a es 10 mm, lo pasamos a metros 0.01 y s es 4 mm, pasándolo a metros es 0.004. La ecuación quedaría así:

$$F = 0.25 * 0.004m * 0.009m * 330000000pa$$

La fuerza necesaria para realizar el corte es:

F: 2970 N

5.3.2.5 Selección del material de las cuchillas. Posterior a encontrar la fuerza mínima para realizar el corte, debemos escoger el material adecuado de la cuchilla y si es el caso también su tratamiento térmico que permita un mejor desempeño durante el proceso de cortado de la malla electrosoldada.

Ya que va a ser una pieza que va estar sometida a golpes, la característica mecánica de selección principal, va a ser la tenacidad ya que tiene como definición según el libro “Diseño de elementos de máquinas” de Robert Mott.

“La tenacidad es la capacidad de un material para absorber la energía que le aplica sin fractura. Las piezas sometidas a cargas aplicadas repentinamente, a choques a impacto, necesitan un alto nivel de tenacidad”

MOTT,R. (2009). Diseño de elementos de máquinas . Ciudad de Juarez,Mexico: Pearson Educación.[p.38]

Para esta característica buscamos diferentes tipos especiales de aceros, después de una búsqueda, encontramos a la empresa “Sisa”, cuyos catálogos encontramos en la dirección electrónica <http://sisa1.com.mx/catalogos/>. Acá seleccionamos los aceros que se utilizan en trabajos en frio y los aceros para choque; las cuales son las principales características que buscamos en el acero.

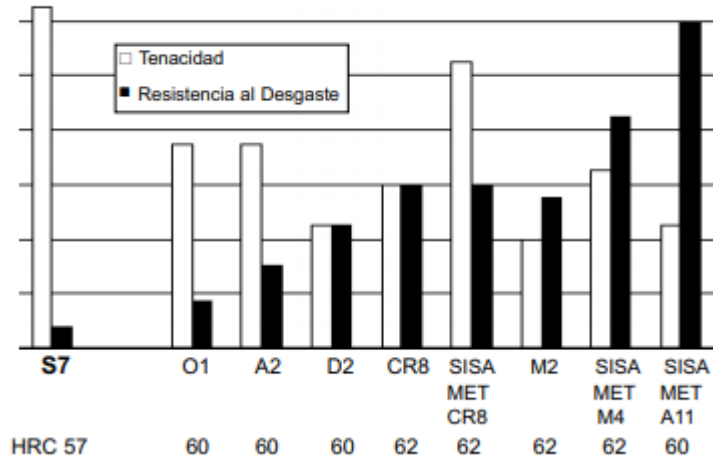
Nos quedaron los siguientes aceros:

- Anexo F: Acero S7, para golpe y choque
- Anexo G: Acero D2, para trabajo en frio
- Anexo H: Acero A2, para trabajo en frio
- Anexo I: Acero Cr8, para trabajo en frio

Posterior seleccionamos una tabla comparativa encontrada en el anexo 2, que relaciona directamente la tenacidad de todos los aceros, en esta lista como se ve en la Grafica 4.

Grafica 4. Tabla comparativa de tenacidad y resistencia al desgaste

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES



Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20S7.pdf>

Según la gráfica 4 demuestra en nuestra característica más importante, el acero que más sobresale es el S7 ya que su tenacidad es bastante superior al de los demás; aunque la dureza no sea tan alta como los de los otros aceros y la resistencia al desgaste es bastante baja, se pueden mejorar mediante tratamientos térmicos. Las siguientes características se encuentran en el anexo F

Este acero tiene la siguiente composición química:

- C=0.50%
- Si=0.3%
- Mn=0.7%
- Cr=3.2%
- Mo=1.4%

Este acero se caracteriza por :

- Alta tenacidad

- Alta resistencia a la compresión
- Buenas propiedades en el templado
- Buena maquinabilidad
- Buena estabilidad dimensional durante el templado

Por estas características, principalmente se utiliza en dados cabeceadores, cuchillas para corte, punzones, troquelado y perforado, estampado y formado. Tiene un módulo de elasticidad de 207 GPa y una densidad de 7830 kg/m³; una dureza de 57 HRC y una resistencia de impacto realizada por prueba Charpy de 169J.

Según el fabricante para nuestra necesidad en especial se procede a hacerle un recocido; dicho proceso empieza, con un calentamiento a 845°C, el cual se mantiene por 2 horas, a lo que posteriormente se le realiza un enfriamiento lento de 30°C por hora hasta que se disminuye hasta los 540°C y se empieza un enfriamiento al ambiente.

Posteriormente se realiza un proceso de templado, para mejorar la resistencia del material. En el cual se empieza un precalentamiento entre 730 a 760°C; para poder entrar como tal al temple entre 940 y 955°C, se mantiene con esta temperatura de 30 a 45 minutos; para el enfriamiento se utiliza aceite sobre los 65°C y en una presión superior a 2 Bares; para empezar el revenido inmediatamente.

En el proceso de revenido se busca pasar la martensita generada por el templado y convertirla en perlita, de tal manera que disminuya la fragilidad. Es necesario realizar un doble revenido entre 540 a 595°C, cada uno por 2 horas y enfriar a temperatura ambiente entre cada uno. Presenta un cambio dimensional de 0.10% cuando se enfría al aire después del temple y el revenido. En la Tabla 38 y el Grafica 5, muestra el comportamiento tanto de la Dureza como de la tenacidad, después del revenido.

Tabla 38. Dureza y tenacidad al impacto

Dureza y Tenacidad al Impacto

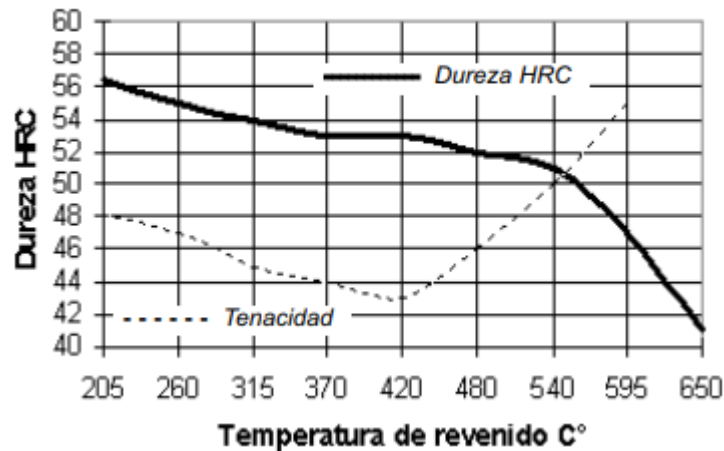
Temple a 940°C (1725°F) Enfriamiento al Aire

Temperatura de Revenido	HRC	Entalla Charpy C	
		Ft. lbs.	Joules
Temple al Aire	59-61	46	62
205°C - (400°F)	55-58	126	171
260°C - (500°F)	54-56	125	169
315°C - (600°F)	53-55	115	156
370°C - (700°F)	52-54	105	142
420°C - (800°F)	52-54	102	138
480°C - (900°F)	51-53	120	163
540°C - (1000°F)	50-52	150	203
595°C - (1100°F)	46-48	190	257
650°C - (1200°F)	40-42	---	---
705°C - (1300°F)	33-35	---	---

Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20S7.pdf>

Grafica 5. Diagrama del revenido

DIAGRAMA DE REVENIDO - Temple a 940°C



Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20S7.pdf>

El acero S7, termina con una buena combinación entre tenacidad, resistencia al desgaste, para utilizarse en los procesos de cortado y formado. Sirve perfectamente par cizallas cortas y herramientas de corte en frio. De tal manera

que queda con una dureza de 51 HRC aproximadamente y una resistencia de impacto de 203 J; representando una disminución de 6 HRC en la dureza y un incremento de 34 Joules.

5.3.2.6 Geometría del corte. Durante el desarrollo de la idea se va a utilizar 8 pistones, que corten 2 alambres al mismo tiempo, aplicando el concepto de cuchillas inclinadas como se ve en el paso anterior. Para el diseño de la geometría nos basamos en la forma de las guillotinas (imagen 63) dicho diseño diagonal nos permite empezar a cortar el alambre por el lado lo cual permite hacerlo mayor facilidad; y debido que, para ahorrar costos, evitar que las cuchillas fueran más largas y aprovechar la geometría, utilizamos un espejo para que quede en forma de v inversa la cuchilla como se ve en la imagen 64.

Imagen 63. Guillotina tradicional

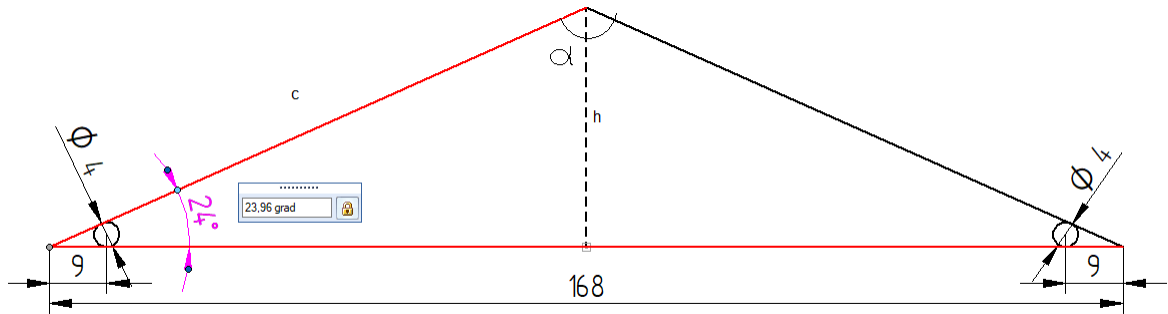


Referencia:https://es.wikipedia.org/wiki/Guillotina#/media/Archivo:Badische_Guillotine.JPG

Para empezar esta actividad, es necesario tener en cuenta la distancia entre el centro de los alambres, la cual esta descrita anteriormente por 15mm entre centro de los alambres. Posteriormente se ubican los alambres sobre la cuchilla

horizontal, ajustando las distancias, y ángulo de corte generado por la cuchilla superior, que se generaliza en la actividad anterior y se refleja en la imagen 63:

Imagen 64. Espacio de corte



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

La distancia que corresponde a la distancia con la que participa en el corte la cuchilla fija, es de la sumatoria de la distancia entre alambres y la distancia entre el centro del alambre y el extremo del ángulo formado con la cuchilla, de la siguiente manera:

$$l = 9\text{mm} + 150\text{mm} + 9\text{mm}$$

Dando como longitud 168 mm. Posteriormente es necesario hallar la altura (h), la cual la hacemos por la ecuación 7:

Ecuación 7. Teorema del seno

$$\frac{l/2}{\text{sen}\alpha'} = \frac{h}{\text{sen}23,96}$$

Referencia. FÍSICA LAB. [En Línea]. [Consultado el 13 de mayo] Disponible en : <https://www.fisicalab.com/apartado/teorema-seno-coseno-tangente>

Donde l= longitud inferior

h = altura de corte

α' = ángulo generado por la cuchilla

Analizando la ecuación nos damos cuenta que tenemos dos incógnitas los cuales son la altura y el ángulo, para hallar el ángulo generado por la cuchilla de corte , se sabe que la sumatoria de los ángulos de un triángulo es de 180°, el concepto se ve reflejada a continuación.

$$180 = \alpha' + \beta +$$

Donde:

α' = es la incógnita

β = es el ángulo recto

γ = es el ángulo de corte de la cuchilla

Reemplazando los datos en la ecuación,

$$180 = \alpha + 90 + 23.96$$

Se procede a despejar el ángulo

$$180 - 90 - 23.96 = \alpha'$$

Da como resultado 66.04°. Pasamos a reemplazar el ángulo hallado y los demás datos en la ecuación 7:

$$\frac{168\text{mm}/2}{\text{sen}66.04} = \frac{h}{\text{sen}23.96}$$

Procedemos a despejar la altura (h):

$$h = \frac{84\text{mm} * \text{sen}23.96}{\text{sen}66.04}$$

Dando como resultado para la altura 37.32mm. Posteriormente procedemos ha despejar la hipotenusa (c), de tal manera para completar la geometría de corte , mediante el teorema de Pitágoras el cual nos permite hallar la hipotenusa conociendo los lados

$$c = \sqrt{(h^2 + l/2^2)}$$

Donde

c = hipotenusa

h = altura

l= longitud

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$c = \sqrt{(37.32mm^2 + 84mm^2)}$$

El resultado es de 91.91 mm, de esta manera completamos las medidas del espacio de corte, el cual nos sirve para garantizar , en conjunto al juego de cizalla que el corte sea efectivo y limpio

5.3.2.7 Ancho de las cuchillas. Este ancho debe ser mayor a 168 mm, ya que esta es la distancia que garantiza el corte efectivo, por lo tanto, por temas netamente por elección nuestra se escoge a 190 mm tanto con la cuchilla de móvil y la fija

5.3.2.8 Cálculo del espesor de la cuchilla. Según el Anexo J en donde se relaciona equivalentemente el acero S7 con el ASTM A681; de tal manera que el límite de fluencia(σ_e) por norma es de 681000psi, con este dato procedemos a hallar la elongación máxima posible en la zona elástica del acero escogido; este dato se halla con la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Ley de Hooke

$$e = \frac{\sigma_a}{E} * 100\%$$

Fuente: FUENTES.F. (1982). ENSAYOS MECANICOS EN METALES. 2020, mayo 14, de UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON [En Línea]. [Consultado: 12 de marzo del 2020] Disponible:<http://eprints.uanl.mx/5993/1/1020070566.PDF>Donde:

e=Elongación admisible

σ_a = Esfuerzo admisible en zona elástica

E= Módulo de elasticidad

Para asegurarnos que la cuchilla este diseñada dentro de la zona elástica del material, utilizamos un factor de seguridad de dos (2), de tal manera que hallamos el esfuerzo admisible (σ_a), mediante la siguiente ecuación

Ecuación 9 Factor de seguridad

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{F.S}$$

Referencia. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA. Factores de seguridad...Porque tantos.[En Línea].[Consultado 15 de marzo del 2020]. Disponible en: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/FACTORES-DE-SEGURIDAD-BASICOS-E-INDIRECTOS-AJGG2.pdf>

Donde:

σ_a = Esfuerzo admisible

σ_e = Esfuerzo ultimo

F.S= Factor de seguridad

Reemplazamos en la ecuación 9

$$\sigma_a = \frac{681000 \text{ Psi}}{2}$$

Nos da un valor del esfuerzo admisible de (σ_a)= 340500 Psi. Posteriormente lo reemplazamos en la ecuación 9 que nos da el valor de elongación admisible, para poderla comparar con la fuerza de corte.

$$e = \frac{340500 \text{ psi}}{30000000 \text{ psi}} * 100\%$$

El valor de elongación admisible es de 1.135%. Para hallar el espesor de la cuchilla, vamos utilizar la ecuación 4, donde se relación a la fuerza , la presión que en este caso es el esfuerzo y el área de contacto con el alambre.

Ecuación 4. Relación fuerza, presión y área

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

Dónde:

P= Esfuerzo en la cuchilla (Psi)

F= Fuerza de corte (Psi)

A= Área de contacto

Como en la actividad 5.4.2.4, hallamos el valor de la fuerza en Newtons (N) y en la ecuación 4 se requiere utilizarse en Psi, se procede a convertir en las unidades requeridas. Se sabe que un Newton equivale a 4.4482 Psi, entonces:

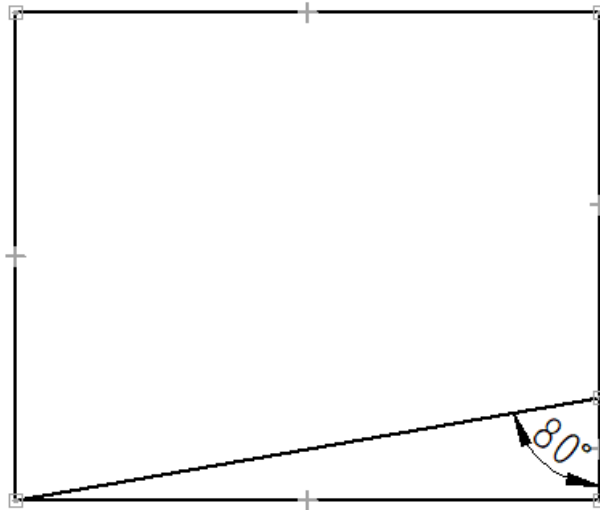
$$F(Psi) = 2970N * \frac{1 Psi}{4.4482 N}$$

El valor de la fuerza en Psi es 667.68 Psi. Pero al saber que se cortan dos alambres al mismo tiempo, se duplica la fuerza de la siguiente manera:

$$F_t = 667.68Psi * 2$$

Dando como resultado como 1335.37Psi. Posteriormente a analizar espesores estándares de cuchillas, los cuales son los que se utilizan para hallar el área de contacto mientras se realiza el corte. Como tiene un filo correspondiente a 80° , como se puede ver en la actividad 5.4.2.2, se halla la longitud por ley de Pitágoras, de la siguiente manera

Imagen 65. Perfil de las cuchillas



Referencia. elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Ecuación 8 Teorema del seno

$$\frac{\text{sen}(a)}{A} = \frac{\text{sen}(b)}{B}$$

Donde:

A y B = son lados

a y b = son ángulos

Dejamos la ecuación 8 de tal manera que quede reemplazar el espesor de la cuchilla y así despejar la hipotenusa, la cual es la medida que se va a utilizar para hallar el área . La ecuación 8 queda así:

$$\frac{\text{sen}(90)}{L} = \frac{\text{sen}(80)}{B}$$
$$\frac{\text{sen}(90) * B}{\text{sen}(80)} = L$$

Para la ecuación 8, se necesita el área de contacto, de tal manera que la hallamos reemplazando la longitud

$$A = d_c * L * 2$$

Donde:

L= Longitud hallada a continuación

d_c = diámetro crítico en in

2= Se coloca esta constante ya que son 2 hojas de la cuchilla

Como anteriormente se utilizó, el espesor crítico es 4mm debido a que es el mayor, diámetro del alambre; pero como en la ecuación 8 es requerido que todos los datos estén en in, por lo tanto, procedemos a convertirlo, en la siguiente ecuación

$$d_c(in) = 4mm * \frac{1 in}{25.4 mm}$$

El valor da 0.157 in para el d_c . Procedemos a realizar una tabla en la cual se reemplaza todas las ecuaciones anteriores y se evalúan con 4 espesores de

cuchillas, en donde se va a escoger la más óptima y también pensar en posibles cambios del producto a futuro

Tabla 39. Cálculo de esfuerzos de las cuchillas

Fuerza (lb)	Espesor por hoja (in)	L	Área	Esfuerzo (Psi)
1335,37161	0,125	0,1257	0,039	33711,15
1335,37161	0,25	0,251	0,079	16855,57
1335,37161	0,5	0,503	0,158	8427,78
1335,37161	1	1,006	0,316	4213,89

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Los esfuerzos hallados en la tabla 39, se deben comparar con el esfuerzo admisible (σ_a)= 340500 Psi de hallado en la ecuación 8. Con lo anterior encontramos que todos espesores escogidos, son aptos para realizar el trabajo; pero hay 2 factores que influyen directamente y son: el peso y la posibilidad de cortar espesores superiores. Por esta razón escogeremos la de un cuarto pulgada (0.25 in), ya que es una medida equilibrada y soportara espesores superiores.

5.3.2.9 Cálculo del espesor del sujetador de la cuchilla. En esta actividad se va a escoger el material del sujetador, el cual debe resistir la fuerza ejercida por el cilindro y el peso de la cuchilla; ambos en 2 momentos diferentes cuando está bajando el embolo y cuando está subiendo.

Se va a utilizar el acero AISI 1045, es un acero al carbono medio de alta calidad y resistencia. Se usa normalizado y se utiliza para fabricar piezas de máquinas con requisitos de alta resistencia; como lo son para engranajes, ejes, pasadores de pistón y a fines.

Como se puede ver en la tabla 39, se puede apreciar el límite de fluencia (σ_f), el cual nos permite analizar el cabezote en dos momentos, cuando sube y cuando bajan.

Tabla 39. SAE 1045

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO			
Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg.)	190	190	180

Fuente: UNILIBRE [En Línea]. [Consultado: el 12 de marzo del 2020] Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>

Utilizaremos el acero normalizado, de tal manera que el límite de fluencia (σ_f) de 413 MPa. Para asegurarnos de que el sujetador este diseñado dentro de la zona elástica del material, utilizamos un factor de seguridad de dos (2), de tal manera que hallamos el esfuerzo admisible (σ_a), mediante la siguiente ecuación

Ecuación 9. Factor de seguridad

$$\sigma_a = \frac{\sigma_f}{F.S}$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo admisible

σ_f = Esfuerzo ultimo

F.S= Factor de seguridad

Reemplazamos en la ecuación 9

$$\sigma_a = \frac{413 \text{ MPa}}{2}$$

Nos da un valor del esfuerzo admisible de (σ_a)= 206,5 MPa. Para hallar el espesor del sujetador, vamos utilizar la ecuación 4, donde se relación a la fuerza, la presión que en este caso es el esfuerzo y el área de contacto con el alambre.

Ecuación 4. Relación fuerza, presión y área

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

Dónde:

P= Esfuerzo en la cuchilla (Pa)

F= Fuerza ejercida (N)

A= Área de contacto

Posteriormente nos basamos en el espesor de las de la cuchilla, ya que se busca que la sumatoria de los dos lados del sujetador sea igual o mayor. Para la ecuación 4, se necesita el área de contacto, de tal manera que la hallamos reemplazando la longitud.

$$A = d_c * L * 2$$

Donde:

L= Longitud hallada

d_c = diámetro crítico en in

2= Se coloca esta constante ya que son 2 láminas del sujetador

Como anteriormente se utilizó, el espesor crítico es 4mm debido a que es el mayor, diámetro del alambre. Como en la ecuación 9 es requerido que todos los datos estén en mm , procedemos a plantear la ecuación de conversión de los espesores , en la siguiente ecuación.

$$e(mm) = e(in) * \frac{25.4 mm}{1 in}$$

A continuación, se realiza una tabla en la cual se reemplaza todas las ecuaciones anteriores y se evalúan con 4 espesores de cuchillas, en donde se va a escoger la más optima y también pensar en posibles cambios del producto a futuro.

Tabla 40. Cálculo de esfuerzos de las láminas del sujetador

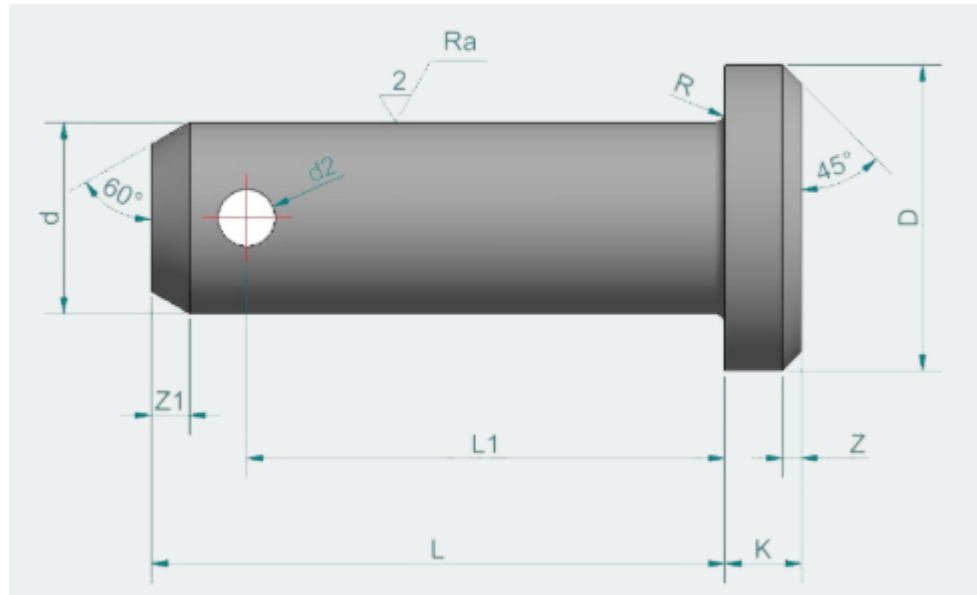
Fuerza (N)	Espesor por lamina (in)	Espesor por lamina (m)	Área	Esfuerzo (Pa)
5940	0,125	0,003175	0,0254	233858,268
5940	0,25	0,00635	0,0508	116929,134
5940	0,5	0,0127	0,1016	58464,5669
5940	1	0,0254	0,2032	29232,2835

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Los esfuerzos hallados en la tabla 40, se deben comparar con el esfuerzo admisible (σ_a)= 206500000 Pa de hallado en la ecuación 4. Con lo anterior encontramos que todos espesores escogidos, son aptos para realizar el trabajo. Se escogerá la de un octavo pulgada (0.125 in), para que se lo más liviano posible y cumpla con que la sumatoria del espesor sea igual al de la cuchilla.

5.3.2.10 Pasadores de hojas de cuchilla. Debido a que la geometría de la cizalla, necesita fijarse al embolo mediante al sujetador, de esta manera se hace necesaria un pasador que permita esta función. Como opción, más practica en cuanto mantenimiento, se escogió un juego de Pasador con cabeza Din 1436 forma b (perforada de lado a lado en su diámetro menor) como se muestra en la imagen 65, con un Pin R como en la imagen 65.

Imagen 66. Pasador con cabeza Din 1436 forma b



Fuente: MECANIZADOS MEIN. [En Línea]. [Consultado: 20 de marzo del 2020] Disponible: <https://mecanizadosmein.com/producto/pasadores-con-cabeza/F>

Imagen 67. Pin R



Fuente: INDUSPAR. S.A [En Línea].
[Consultado: 20 de marzo del 2020]
Disponible:<https://induspar.com.co/catalogo-productos-induspar/?&SingleProduct=38>

Para la selección del pasador, se buscaron catálogos, pero tanto internacional como nacionalmente, se hacen sobre pedido; entramos a evaluar los diámetros por catálogo del pin R, ya que este es la tercera parte del pasador que este contacto con las cuchillas, según fabricante.

El diámetro menor que se comercializa es de 1/8 in para el pin R , y como el del pasador debe ser 3 veces superior , el diámetro debe ser mínimo de 3/8 in , lo que milimétricamente es 9.525mm. Para efectos de seguridad, se manejará en diámetro de 10mm con una tolerancia de h11 (página de la imagen del pasador)

La longitud desde el final de la cabeza al extremo del orificio o L_1 como se muestra en la imagen 66, se halla en el siguiente calculo

$$L_1 = e_c + (2 * e_s) + d$$

Donde

L_1 = Longitud del extremo de la cabeza al centro del pasador

e_c = Espesor de la cuchilla

e_s = Espesor de los sujetadores

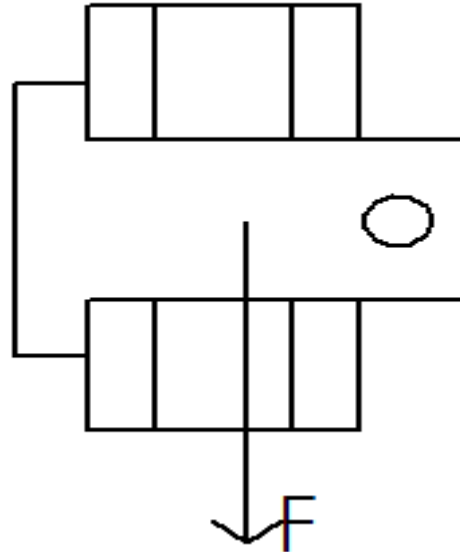
d = es el juego del cizallad

Tomamos la conversión requerida de la tabla 40 reemplazando los datos en la ecuación queda de la siguiente manera:

$$L_1 = 6.35mm + (2 * 3.175mm) + 0.16$$

Da como resultado 12.86mm. Con estos datos se proceden a analizar si el diámetro del pasador es apto.

Imagen 68. Pasador, cuchillas y sujetador



Fuente. elaboración propia, con base en programa POWER POINT

El pasador Din 1436 forma b, generalmente se realizan en dos tipos de aceros, como se puede observar en las tablas 41 y 42 los límites de fluencia para cada uno son:

- Acero F112 o SAE 1025 $\sigma_e=196$ Mpa
- Acero F114 o SAE 1045 $\sigma_e=413$ Mpa

Tabla 41. SAE 1025

PROPIEDADES MECÁNICAS					
Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Limite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	196	25	45	140 / 180
Normalizado	490 - 588	343	30	55	150
Recocido	441 - 539	294	35	60	130 / 150
Calibrado	539 - 686	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	686 - 833	441	15	45	-----

Fuente: UNILIBRE [En Línea]. [Consultado: el 12 de marzo del 2020] Disponible en:

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>

Tabla 42. SAE 1045

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO			
Diámetro de la barra: 12 a 38 mm			
Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg.)	190	190	180

Fuente: UNILIBRE [En Línea]. [Consultado: el 12 de marzo del 2020] Disponible en:

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>

Para el pasador que se va a utilizar, escogemos el acero SAE 1045, ya que es él tiene mejor límite de fluencia sin tratamiento alguno; pero para estar más seguros que nos va a servir, vamos a utilizar la ecuación 9:

Ecuación 9. Factor de seguridad

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{F.S}$$

En este caso el σ_e es 413 Mpa y tomamos el factor de seguridad como 2 , resultándonos un σ_a como 206.5 Mpa.

Ecuación 10. Esfuerzos Cortantes

$$\tau = \frac{V_p}{A}$$

Referencias. SALAZAR. E. Universidad Nacional [En línea]. [Consultado el 20 de marzo del 2020]. Disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorg_eeduardosalazartrujillo20072_Parte1.pdf

Donde:

τ = Esfuerzo cortante

V_p = Fuerza cortante en los pasadores

A = Área

El área en este caso está dada por la siguiente ecuación

$$A = L * \pi * d$$

Donde:

L= Longitud de contacto

D = diámetro del pasador

Reemplazando los datos

$$A = 12.86 * \pi * 10mm$$

El área en este caso es 404 mm² y se procede a pasarla a mm² para reemplazarlo en la ecuación 11.

$$A(m^2) = 404 mm^2 * \frac{1 m^2}{(1000mm)^2}$$

El área en m² da 4.04 * 10⁻⁴. Se utiliza la fuerza en N, y esta fuerza cortante es correspondiente a la siguiente operación

$$V_p = \frac{V}{N_p}$$

Donde

V= es la fuerza cortante

N_p = Numero de pasadores

Reemplazando en la ecuación

$$V_p = \frac{5940N}{3}$$

Dando como resultado para el esfuerzo cortante en los pasadores 1980N. Reemplazamos en la ecuación los datos obtenidos

$$\tau = \frac{1980 N}{4.04 * 10^{-4} m^2}$$

La fuerza cortante da como resultado 4900990.099 Pa, pasándolo a Mpa da 4.9. Por ende, como el σ_a es 206.5 Mpa y es mucho mayor a τ , se da por hecho que el pasador resiste al esfuerzo.

5.3.2.11 Altura de las hojas de las cuchillas fijas. Para hallar la altura es necesario evaluarlo por el método de propagación de grietas, en el cual nos permite halla el área efectiva, la cual nos permitirá hallar la altura necesaria de las hojas , la ecuación utilizada es:

Ecuación 11. Elementos de fijación escalonada

$$d' = d - \frac{s^2}{4g}$$

Referencia. ELEMENTOS A TENSION.[Consultado: 5 de abril del 2020]. Disponible:Proyecto%20de%20grado/Proyecto%20de%20grado/01-%20Estructuras%20Área%20efectiva.pdf

Donde :

d' = diámetro con tolerancia

d = diámetro

s = paso entre agujeros

g = espacio mínimo transversal de perforaciones(en nuestro caso distancia del centro de la circunferencia al extremo de la cuchilla)

Para calcular la distancia entre los agujeros, se calcula con la siguiente relación

$$S = \frac{l}{N_p + 1}$$

Donde

s = paso entre agujeros

l = longitud de la cuchilla

N_p = Numero de pasos

La relación se deduce, de tal manera que el número de divisiones es mayor en una unidad al número de pasadores. Reemplazamos los datos, queda de la siguiente manera :

$$S = \frac{190mm}{4 + 1}$$

La distancia entre la circunferencia de los orificios es de 38mm; la cual se aplicaría como "s". El valor de d es de 10 mm lo que es el diámetro del pasador y por último la tolerancia que se le adiciona es 1/8 de los 10mm, quedando así de esta manera

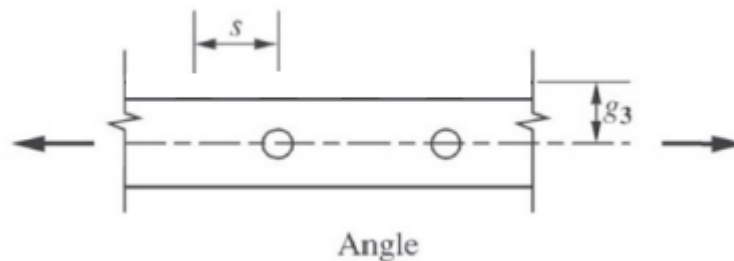
$$-(10mm + \frac{10mm}{8}) = 10mm - \frac{(38mm)^2}{4g}$$

Se procede a despejar la g :

$$g = \frac{(38mm)^2}{4 * 21.25mm}$$

Dando como resultado $g = 16.98\text{mm}$, pero como se puede observar en la imagen 67, solamente representaría la mitad de la cuchilla, y ya que los pasadores están el centro , se debería multiplicar por 2 para hallar la altura mínima

Imagen 69. Distancia mínima



Fuente: ELEMENTOS A TENSIÓN.[Consultado: 2 de abril del 2020].

Disponible: [Proyecto%20de%20grado/Proyecto%20de%20grado/01-%20Estructuras%20Área%20efectiva.pdf](#)

$$h_{min} = g * 2$$

Lo cual reemplazando con los valores conocidos daría

$$h_{min} = 16.98\text{mm} * 2$$

Daria como altura mínima 33.96 mm , pero por temas netos de elección de nosotros las redondearemos a 35 mm. Se ubican los orificios de los pasadores a una altura de 17.5 mm el centro del orificio.

5.3.2.12 Altura de las hojas de las cuchillas móviles. Para hallar la altura es necesario evaluarlo por el método de propagación de grietas, en el cual nos permite halla el área efectiva, la cual nos permitirá hallar la altura necesaria de las hojas , en la ecuación 11 de la actividad anterior. Para calcular la distancia entre los agujeros, se calcula con la siguiente relación ya utilizada con anterioridad

$$S = \frac{l}{N_p + 1}$$

Reemplazando con datos de las cuchillas móviles

$$S = \frac{190mm}{3 + 1}$$

La distancia entre la circunferencia de los orificios es de 47.5mm; la cual se aplicaría como "s". El valor de d es de 10 mm lo que es el diámetro del pasador y por último la tolerancia que se le adiciona es 1/8 de los 10mm, quedando así de esta manera

$$-(10mm + \frac{10mm}{8}) = 10mm - \frac{(47.5mm)^2}{4g}$$

Se procede a despejar la g :

$$g = \frac{(47.5mm)^2}{4 * 21.25mm}$$

Dando como resultado $g = 26.54mm$, pero como se puede observar en la imagen 68, solamente representaría la mitad de la cuchilla, y ya que los pasadores están el centro , se debería multiplicar por 2 para hallar la altura mínima

$$h_{min} = g * 2$$

Lo cual reemplazando con los valores conocidos daría

$$h_{min} = 26.54mm * 2$$

Daria como altura mínima 53.08mm , pero por temas netos de elección de nosotros las redondearemos a 54 mm. Se ubica los orificios de los pasadores a 27mm de la parte superior de la cuchilla. Posteriormente utilizamos los datos obtenidos en la actividad 5.4.2.6, a la altura apreciada , se le adiciona la altura de corte la cual es de 37.32mm.

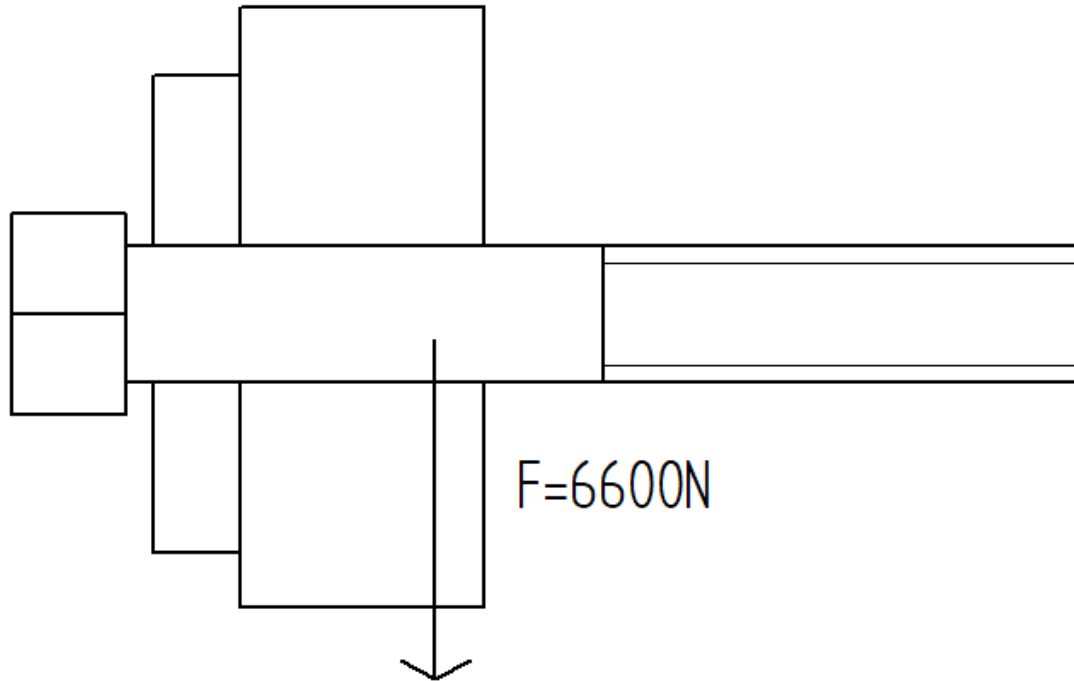
$$h_t = 54mm + 37.32mm$$

Dando como resultado 91.32mm, además se hace indispensable utilizar los datos obtenidos en la actividad 5.4.2.6, para complementar la cuchilla.

5.3.2.13 Tornillo fijador de la cuchilla fija. Para la elección del tornillo, tenemos que tener en cuenta el diámetro de la perforación que tiene que haber la cuchilla y la estructura, que es de 10mm. Escogimos los tornillos para segmentos,

en la parte no roscada tiene que ser mayor a la sumatoria del espesor de la cuchilla (6.35mm) y el del perfil es de 38mm; un total de 44.35 mm.

Imagen 70. Pasador, cuchillas y sujetador



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

El grado escogido es el 8.8, según el anexo L el límite de fluencia es de 640 Mpa, de tal manera que se va a calcular el factor de seguridad para estar más seguros que nos va a servir, vamos a utilizar la ecuación 9 :

Ecuación 9. Factor de seguridad

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{F.S}$$

En este caso el σ_e es 640 Mpa y tomamos el factor de seguridad como 2 , resultándonos un σ_a como 320 Mpa.

Ecuación 10 Esfuerzos Cortantes

$$\tau = \frac{V_p}{A}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante

V_p = Fuerza cortante en los pasadores

A = Área

El área en este caso está dada por la siguiente ecuación

$$A = L * \pi * d$$

Donde:

L = Longitud de contacto

D = diámetro del pasador

Reemplazando los datos

$$A = 44,35mm * \pi * 10mm$$

El área en este caso es 1393.29 mm² y se procede a pasarla a m² para reemplazarlo en la ecuación 10.

$$A(m^2) = 1393.29 mm^2 * \frac{1 m^2}{(1000mm)^2}$$

El área en m² da 1.39*10⁻³. Se utiliza la fuerza en N, y esta fuerza cortante es correspondiente a la siguiente operación

$$V_p = \frac{V}{N_p}$$

Donde

V= es la fuerza cortante

N_p = Numero de pasadores

Reemplazando en la ecuación

$$V_p = \frac{5940N}{4}$$


Dando como resultado para el esfuerzo cortante en los pasadores 1485N. Reemplazamos en la ecuación los datos obtenidos

$$\tau = \frac{1485 N}{1.39 * 10^{-3} m^2}$$

La fuerza cortante da como resultado 1065822.621 Pa, dando 1,065 Mpa. Por ende, como el σ_a es 320 Mpa y es mucho mayor a τ , se da por hecho que el pasador resiste al esfuerzo.

5.3.3 Selección del cilindro neumático. A la hora de seleccionar el cilindro neumático, se encuentran diferentes tipos; nuestra prioridad es de utilizar el mínimo espacio necesario, de tal manera que sea lo más estable la estructura; por estas razones seleccionamos los cilindros compactos, ya que cuentan con un volumen menor de los convencionales. Lo siguiente es escoger la fuerza a ejercer, en este caso como no existe la fuerza que necesitamos, utilizamos la de 5940 N debido a que es igual al doble de la fuerza necesaria (2970 N), y con esta fuerza es con la que se va a seleccionar el cilindro.

Imagen 71. Características cilindros compactos ADN

	 Cilindro compacto ADN ★
Modo de operación	Doble efecto
Diámetro del émbolo [mm]	12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125
Fuerza teórica con 6 bar, en avance [N]	51 ... 7363
Carrera [mm]	1 ... 500
Amortiguación	Amortiguación por topes elásticos/placas en ambos lados, amortiguación neumática autorregulable de fin de recorrido
Aspectos más destacados	<ul style="list-style-type: none"> • Compacto, económico y resistente • ISO 21287 • Montaje en la mitad del espacio en comparación con cilindros normalizados según ISO 15552 • Vástago con rosca interior o exterior

Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020]
 Disponible: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/573583/Assembly_and_Test_es.pdf

Para seleccionar el cilindro neumático compacto que cumpla con la función requerida, debe tener los siguientes requerimientos:

Imagen 72. Datos requeridos para selección e cilindros

Características básicas

Función	ADN Cilindro compacto, de doble efecto, en base a ISO
Diámetro del émbolo en mm	! <input type="text" value="Seleccionar"/> ▼
Carrera en mm	! <input type="text" value="Seleccionar o introducir: 1..9000 mm"/> ★ ▼
Rosca del vástago	! <input type="text" value="Seleccionar"/> ▼
Amortiguación	P Anillos elásticos / placas de amortiguación en ★ ▼
Detección de la posición	A Para detector de posiciones

Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

La primera variable es el diámetro del émbolo en milímetros, este valor se busca que sea el mayor diámetro posible, de tal manera que la fuerza ejercida sea del rango mayor posible, como se ve en la imagen 72 el de mayor diámetro es de 125 mm, el cual es el que se va a escoger.

Imagen 73. Datos requeridos para selección e cilindros

Características básicas ☰

Función ADN Cilindro compacto, de doble efecto, en base a ISO

Diámetro del émbolo en mm	✓ 125 mm	
Carrera en mm	✓ Seleccionar	
Rosca del vástago	✓ 12 mm	☆
	16 mm	★
	20 mm	★
	25 mm	★
	32 mm	★
	40 mm	★
	50 mm	★
	63 mm	★
	80 mm	★
	100 mm	
	125 mm	

Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

El siguiente paso es seleccionar la carrera del émbolo, el cual se escogerá de 50mm exclusivamente por preferencia del diseñador, debido a que este va ligada a la estructura. Seleccionamos esa opción (imagen 73)

Imagen 74. Datos requeridos para selección e cilindros

Características básicas ☰

Función ADN Cilindro compacto, de doble efecto, en base a ISO

Diámetro del émbolo en mm	✓ 125 mm	
Carrera en mm	✓ 50 mm	★
Rosca del vástago	! Seleccionar	
Amortiguación	P Anillos elásticos / placas de amortiguación en	★
Detección de la posición	A Para detector de posiciones	

Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

El próximo paso para seleccionar el embolo es escoger si la rosca debe ser interna o externa, la cual por cuestiones netamente de selección se va a escoger externa . Al igual que la selección del sistema de amortiguación que va a ser anillos elásticos, ya que se escoge por defecto. Quedando la lista de requerimientos de como se ve en la imagen 75:

Imagen 75. Datos requeridos para selección e cilindros

Características básicas

Función	ADN Cilindro compacto, de doble efecto, en base a ISO		
Diámetro del émbolo en mm	✓	125 mm	▼
Carrera en mm	✓	50 mm	★ ▼
Rosca del vástago	✓	A Rosca exterior	★ ▼
Amortiguación		P Anillos elásticos / placas de amortiguación en	★ ▼
Detección de la posición		A Para detector de posiciones	

Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020]

Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

La página nos indica que el cilindro que cumple con nuestros requerimientos es el ADN 125-50-A-P-A; el cual tiene

Imagen 76. Cilindros compactos ADN A-P-A



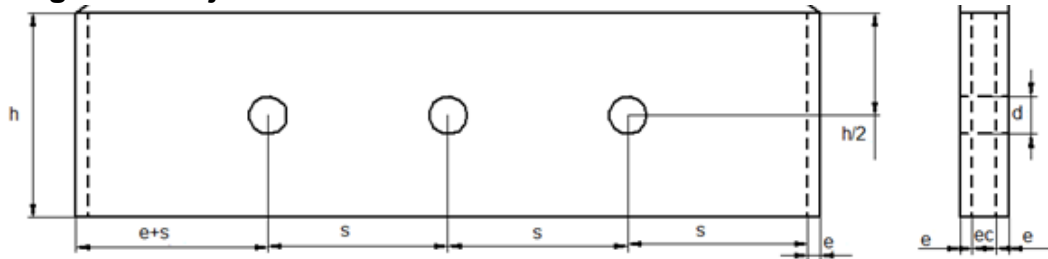
Fuente: FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

En la imagen 76 se ve la del cilindro compacto, para analizar todas sus características se puede observar en el Anexo Z.

5.3.3.1 Medidas del sujetador. Como ya se había hablado anteriormente, era necesario tener una conexión entre la cuchilla y el embolo, el cual en nuestro caso lo denominamos sujetador, debido a las funciones que cumple. Las medidas de este elemento están delimitadas en su mayoría por la cuchilla móvil. Esta pieza se puede dividir en dos partes, las cuales son:

➤ **Sujeción a la cuchilla.** Esta parte está diseñada como se ve en la imagen 77

Imagen 77. Sujeción a la cuchilla



Fuente: elaboración propia, con base en Solid Edge

Como observamos en la imagen 77 tenemos varios datos, los cuales los vamos a ir reemplazando por valores.

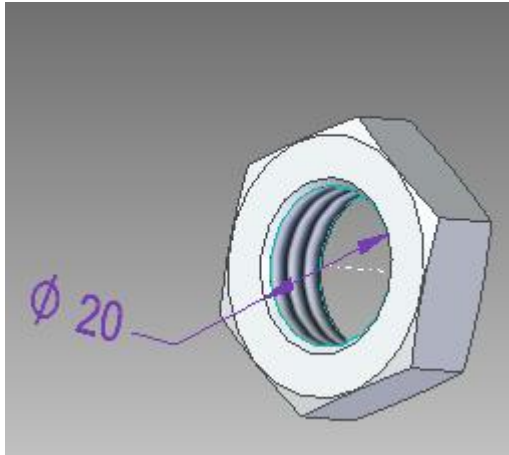
Tabla 43. Datos del sujetador

Variable (mm)	Valor
h	54
s	47,5
e	3,175
e_c	6,35
d	10

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

- **Sujeción al embolo.** Esta sección está sujeta al diámetro de la rosca externa que tiene el embolo, del cilindro compacto seleccionado, pasamos a buscar dicha medida en la tabla de datos (Anexo Z). El siguiente paso es descargar el CAD de la pieza y a la tuerca que viene incluida como accesorio, tomarle el diámetro interno (imagen 78):

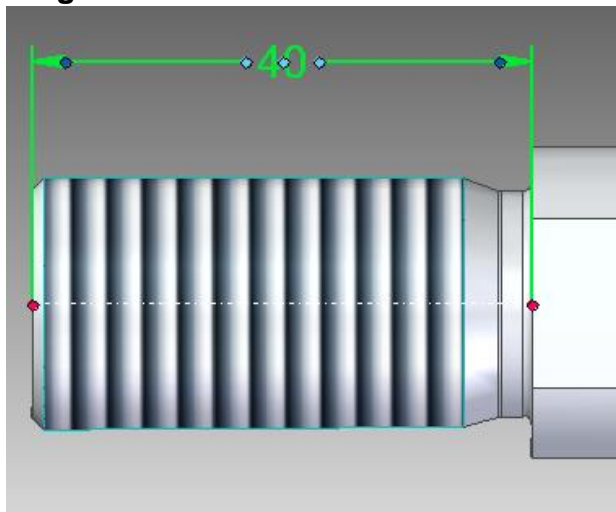
Imagen 78. Tuerca complemento del cilindro compacto



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Posteriormente en el modelado del cilindro hallamos la longitud de la sección roscada (Imagen 79), ya que en el Anexo Z no se encuentra.

Imagen 79. Elemento roscado del cilindro



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Como podemos observar en la imagen 80 la distancia de la sección roscada es de 40 mm; con los datos obtenidos de las imágenes 79 y 78; se le añadirán 5mm a la altura para evitar a que quede tan pegado a la zona de sujeción de la cuchilla. Para el diámetro exterior se tomará el mismo del cuerpo de la sección roscada (imagen 80):

Imagen 80. Sección roscada (Vista frontal)

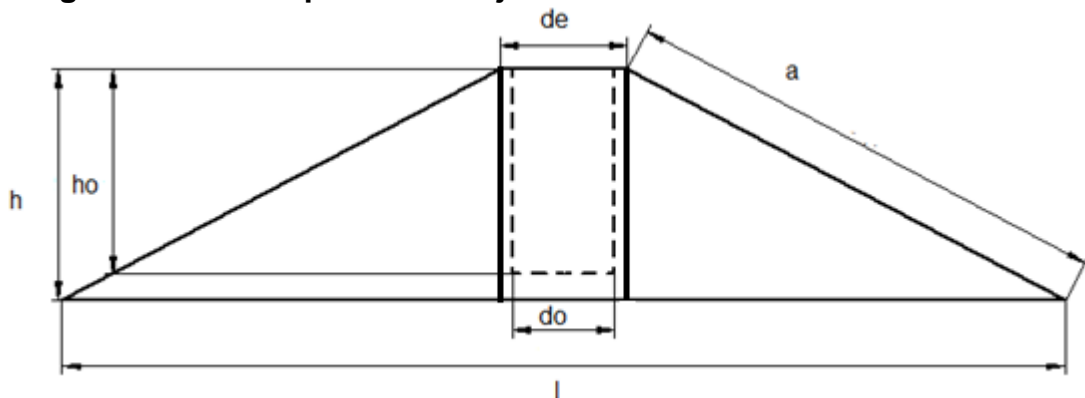


Fuente: elaboración propia, con base SOLID EDGE

en

Procedemos a hallar el resto de datos faltantes mediante en por medio de la imagen 80 .

Imagen 81. Parte superior del sujetador de la cuchilla



Fuente: elaboración propia , con base en SOLID EDGE

En la imagen 81 observamos varias medidas las cuales en su mayor cantidad se han hallado. La profundidad del orificio “h_o”, la cual se halló en la imagen 78. La altura “h” es la profundidad del orificio más cinco milímetros adicionales. El diámetro de la rosca “d_o” se encuentre en el diámetro interno de la tuerca (imagen 78).

EL diámetro externo “d_e” se dejó del mismo tamaño del vástago del cilindro compacto (imagen 76). Por último, tenemos al cateto “a” el cual no hemos hallado, pero con el teorema de Pitágoras, se halla a continuación:

$$a = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l}{2} - \frac{d_e}{2}\right)^2}$$

Reemplazando los datos queda

$$a = \sqrt{45^2 + \left(\frac{196,35}{2} - \frac{25}{2}\right)^2}$$

Dando como resultado 96,77mm. Se organizan los datos en la tabla 44

Tabla 44. Datos del sistema de sujeción parte superior

l	196.35
h	45
d_e	25
d_o	20
a	96.77
h_o	40

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

5.3.3.2 Sistema de alimentación. Como parte principal del sistema de alimentación se debe considerar la presión de aire que debe utilizar los émbolos para ejercer la fuerza necesaria, para cortar el alambre. Con la ecuación 4 hallamos la presión necesaria:

Ecuación 4.

Relación
fuerza, presión
y área

$$F_c = P * A$$

Donde

F_c= Fuerza corte

P = Presión

A = Área

Despejamos la presión

$$P = \frac{F_c}{A}$$

Donde el área está dada por la superficie del embolo

Ecuación 5.

Área de un
circulo

$$A = \pi * r^2$$

Sabemos que el diámetro es de 125 mm, por ende, el radio es de 62.5mm; pasamos el radio a metros para que queden en unidades internacionales

$$r(m) = 62.5mm * \frac{1m}{1000m}$$

Dando como resultado 0.0625m. Procedemos a reemplazar en la ecuación para hallar el área

$$A = \pi * 0.0625m^2$$

Da como resultado 0.012 m². Utilizamos la fuerza que debe ejercer la cuchilla para cortar los dos alambres, según la actividad anterior es de 5940 N, pero se va a utilizar 6000N , para tener un factor de seguridad. Reemplazamos en la ecuación:

$$P = \frac{6000N}{0.012m^2}$$

Da como 500000 Pa. Como restricción esta la línea de la empresa la cual opera a 10 bares. Por esta razón pasamos el resultado de pascales a bares, en la siguiente ecuación:

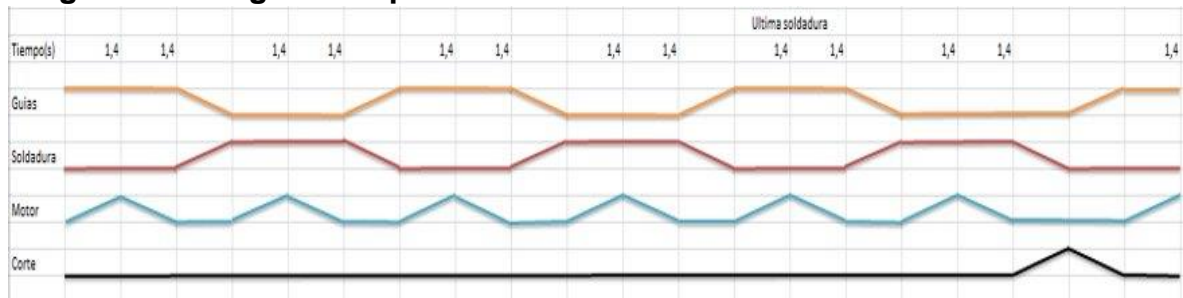
$$P(\text{Bar}) = 500000Pa * \frac{1 \text{ Bar}}{100000 Pa}$$

Da como resultado 5 Bares y está en el rango utilizable. La línea de aire que cuenta la empresa es de 10 bares lo cual nos demuestra que es apta para el uso de los pistones de corte.

5.3.4 Sección neumática. En esta actividad vamos a seleccionar los sus sistemas necesarios para el funcionamiento; se escogerán entre ellos, el sistema de alimentación, el modelado y simulación.

5.3.4.1 Diagrama espacio-Fase. Este diagrama tiene en consideración el sistema de soldadura, el cual cuenta con un conjunto de 8 pistones; el sistema de arrastre que cuenta con un servomotor y los 2 sistemas que se aplicaran en el proyecto (sistema de guías y corte); de tal manera que se diseñó el diagrama fase, teniendo el tiempo de encendido y apagado del servomotor.

Diagrama 5. Diagrama espacio-fase



Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

5.3.4.2 Sistema Electro-neumático. Para el sistema electro neumático se realizó teniendo en cuenta las variables del sistema actual, para poder establecer el diagrama de espacio-fase y la programación.

- Válvula 5/2 biestable

Imagen 82. Válvula 5/2 biestable



Fuente: FESTO [En Linea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/v-alvula-biestable-de-5-2-vias_defectuosa.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDk4

- Tubo flexible PUN-DUO 6mm

Imagen 83. Tubo flexible PUN-DUO



Fuente:INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S. [En Linea] [Consultado:18 de abril del 2020]. Disponible <https://www.industriasociadas.com/producto/manguera-neumatica-pun/>

- Uniones en T 6mm

Imagen 84. Uniones en T



Fuente: FESTO [En Linea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/accesorios/neumatica/conector-en-t-racor-rapido-quick-star.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41OTAuMzg3Ng>

- Unidad de mantenimiento tipo d

Imagen 85. Unidad de mantenimiento tipo d



Fuente: ICOH.[En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible:<http://icohhn.com/producto/f-r-l-unidad-de-mantenimiento-serie-lfc-dos-cuer-ich-02553868/>

- PLC siemens S7- 1200

Imagen 86. PLC S7-1200



Fuente: DURTRON [En Línea]. [Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible: <https://www.durtron.com/producto/plc-siemens-cpu-1214c-6es7-214-1ag40-0xb0-s7-1200/>

- Módulo de entradas digitales

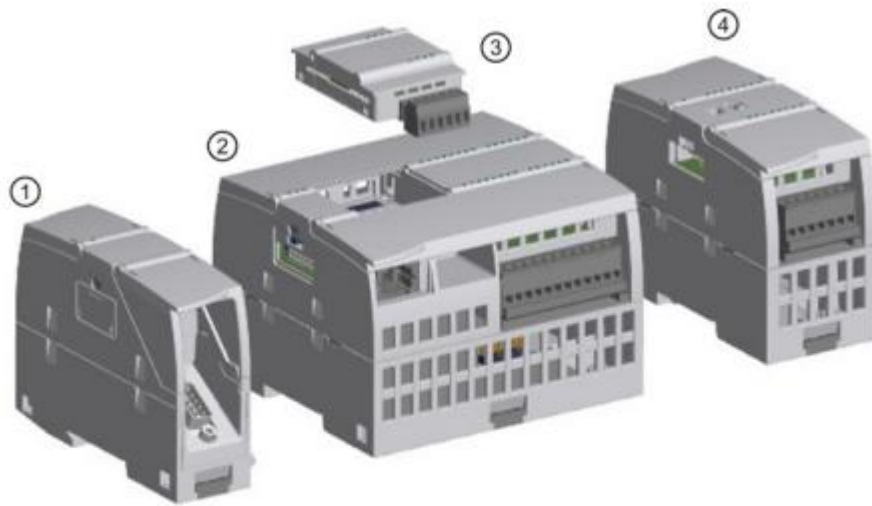
Imagen 87. Módulo de entradas digitales



Fuente: MAS VOLTAJE. [En Linea]. [Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible: <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1206-simatic-s7-1200-modulo-de-entradas-digitales-sm-1221-8-ed-24v-dc-6940408101913.html>

Para el debido funcionamiento del equipo, es necesario la correcta simultaneidad entre los dispositivos, válvulas y actuadores; para dar inicio, se acoplará el sistema actual al diseñado, por lo tanto se hará el uso de un PLC existente en la empresa, el cual es modelo siemens s7 – 1200 el cual cuenta actualmente con una ampliación de módulo de señales, este equipo se le pueden acoplar un total de 2 módulos de señales y un total de 3 módulos de comunicación, en la imagen 86, se puede observar la forma de acoplamiento del PLC.

Imagen 88. Componentes del PLC S7-1200



- ① Módulo de comunicación (CM) o procesador de comunicaciones (CP)
- ② CPU
- ③ Signal Board (SB), Communication Board (CB) o battery board (BB)
- ④ Módulo de señales (SM)

Fuente: MEDIA AUTOMATION, MANUAL [En línea]
[Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible
en:https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

El respectivo PLC se realiza la programación con el software STEP 7, con el cual se realizará la respectiva programación a través de listado de instrucciones, el cual se presenta como anexo AA, en donde encontraremos las variables o marcas, temporizadores, contadores y sensores de posicionamiento en el sistema, para esta programación se realizará la respectiva explicación del proceso, como se presenta a continuación.

Descripción del proceso

Para dar inicio, a través de un pulsador se da inicio al proceso, en el cual las guías inician en posición de elevadas, para que de esta manera el sistema de arrastre funcione, al cumplir la función, el sistema de guías y soldadura actúan, el cilindro de guías entra y el cilindro de soldadura sale, de esta manera realiza la respectiva soldadura de la malla, el tiempo que demora en ocurrir esta acción de soldadura, el sistema de arrastre sale para tomar de nuevo la malla, por consiguiente, las válvulas de los cilindros de soldadura y guías conmuta para que de esta manera

los actuadores de los sistemas entre y salgan respectivamente, este proceso se realiza la cantidad de veces necesaria dependiendo de la cantidad de varillas transversales que tenga el rollo, ya que se maneja tanto de diferente diámetro como de longitud de malla.

Al finalizar o realizar la soldadura las veces necesarias, realiza su trabajo el sistema de corte, el cual funciona a partir de 8 cilindros neumáticos, los cuales actúan a partir de válvulas electro-neumáticas; los cilindros conmutan y ejercen el corte de la malla, continuamente el proceso vuelve a realizarse de manera continua con los rollos necesarios.

El sistema de enrollado actual permanecerá ya que no es necesaria la intervención de ella, el manejo de la enrolladora es por un panel, con el cual permite a través de un eje vaya enrollando la malla, al finalizar el corte desprende el rollo del eje para su respectivo empaquetado.

5.3.5 Estructura sistema de corte. Para la presentación de la respectiva estructura del sistema de corte, se evalúan o se tienen en cuenta los parámetros como lo son, fuerza de corte de la cizalla, área para la ubicación de la máquina y material necesario para la misma.

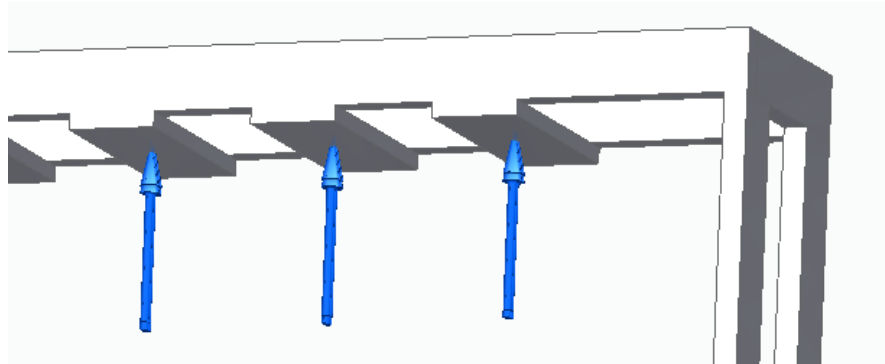
5.3.5.1 Selección de material. El material para la estructura del sistema de corte, se evalúa a partir de la funcionalidad y operación a la que se somete la estructura, a partir de libros, como *Diseño de elementos de máquinas de Mott* encontramos materiales cuyas aplicaciones se enfocan en las armaduras o estructuras de máquinas, como lo pueden ser aceros como el ASTM A36 o el ASTM 992, los cuales son aceros de tipo estructural, ya que son materiales dúctiles, lo cual implica que es de bajo carbón; la ventaja de estos aceros, es que se encuentran comercialmente en perfiles, como lo puede ser en W, en I, canales, ángulos, barras, etc. Estos aceros en perfiles los podemos encontrar en catálogos, para los cuales, las empresas se encargan de facilitar datos como momentos de inercia, módulos de sección, radios de giro, para de esta manera encontrar facilidad a la hora del cálculo del mismo.

A partir de lo anteriormente mencionado, se da elección al acero A36, ya que es un tipo de acero con el cual podemos contar fácilmente en el mercado a comparación de ASTM 992, el acero ASTM A36 cuenta con una resistencia a la fluencia de 250 megapascáles y una resistencia mínima a la tensión de 450 megapascáles, por el contrario, la única variación entre estos aceros es que la resistencia a la fluencia del acero ASTM 992, cuenta con un valor entre 345 y 448 megapascáles, pero teniendo en cuenta que esta característica se ve reflejada en un aumento de costo, por lo cual se dio preferencia al acero ASTM A36.

5.3.5.2 Diseño estructural del sistema de corte. A partir de la selección del material el cual se va a emplear en el sistema, se divide la estructura en partes, las cuales se basan en el cálculo de la placa de soporte de cilindro neumático, de la viga horizontal de soporte y la viga vertical como se presenta en la imagen 87, para la cual se presenta un modelado del sistema para el cual se va a tener en cuenta la fuerza de corte del alambre ya que este se va a transmitir en toda la estructura.

➤ **Cálculo de la placa de soporte de cilindro neumático.** Con lo anteriormente provisto, la placa de soporte del cilindro neumático absorberá toda la fuerza ejercida por el mismo, para lo cual, se hará la presentación de la transferencia a partir de la cuchilla hasta la componente resultante en la placa.

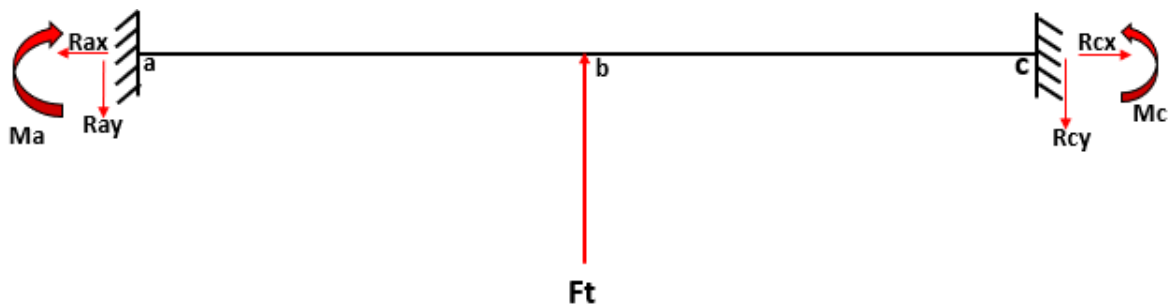
Imagen 89. Placa de soporte de cilindro neumático



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Para dar inicio, se presenta el diagrama de cuerpo libre, con el cual realizaremos la sumatoria de fuerzas para así encontrar las reacciones en el cuerpo del soporte de placa.

Imagen 90. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, con base en POWER POINT

$$\sum Fy = -Ray + Ft - Rcy = 0$$

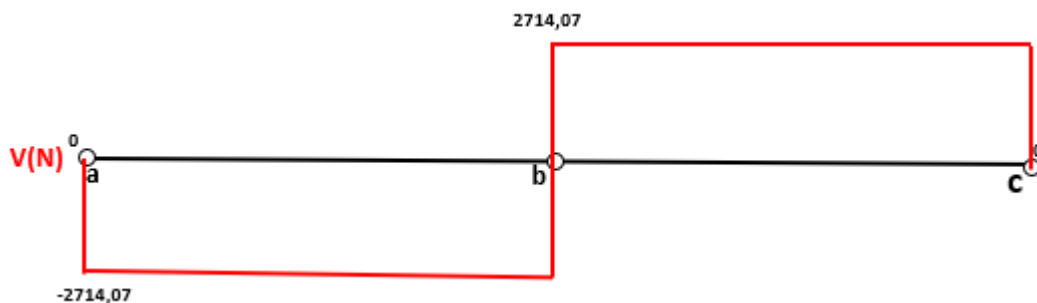
Para el valor de Ft se da a partir de la fuerza necesaria para realizar el corte del alambre, el cual es de un valor de 2970 como se había mencionado anteriormente, esta fuerza se presenta con una inclinación de 23,96 grados a partir de la horizontal, para lo cual se halla la componente en Y con la cual se presentará como la fuerza necesaria para el corte de un alambre, sin embargo, como la cuchilla se diseñó de tal forma en que una sola corte dos secciones de alambre, esta fuerza se duplica resultando un valor total de 5428.14 N, la cual será la que se aplique sobre la placa determinando así las reacciones en los apoyos los cuales son empotrados ya que contamos con soldadura en los extremos para lo cual genera momentos de reacción.

$$Ray = Rcy = \frac{Ft}{2}$$

$$Ray = Rcy = \frac{5428.14 \text{ N}}{2} = 2714.7 \text{ N}$$

Al contar con las reacciones en los apoyos, se realiza el respectivo diagrama de fuerza cortante como se presenta a continuación, donde presentamos además de las reacciones, la fuerza aplicada a la placa por parte del cilindro.

Imagen 91. Diagrama de fuerzas cortantes



Fuente: elaboración propia, con base en POWER POINT

A partir de las reacciones en los apoyos se realiza la sumatoria de momentos resultando de la siguiente manera,

$$\sum Mc = Ft(15cm) - Ray(300cm) + Mc - Ma = 0$$

- Momentos de reacción

Para la determinación de los momentos se utiliza el método de doble integración para la cual aplica la siguiente Ecuación.

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Donde,

$M =$ momento de flexión

$X =$ la posición de la viga medida a lo largo de su longitud

$Y =$ deflexión de la viga

Despejando el momento flector en la ecuación, queda de la siguiente manera.

Ecuación 1.

Medida de rigidez o resistencia a la flexión

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Se determinan los momentos en C para considerar la ecuación de momento a continuación.

$$M = Ma - 2714.7 N (X) - 5428.14 N (X - 0.150 m)$$

La ecuación de momento se reemplaza en la ecuación , la cual considera el método de doble integración.

$$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = M - 2714.7 N (X) - 5428.14 N (X - 0.150 m)$$

Se realiza la primera integral de la ecuación para obtener la ecuación de pendiente como se muestra a continuación.

$$E * I * \frac{dy}{dx} = M(X) - 2714.7 N \frac{(X^2)}{2} + 5428.14 N \frac{(X - 0.150 m)^2}{2} + C1$$

Después, se realiza la segunda integral, para de esta manera hallar la ecuación de deflexión o deformación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$E * I * y = \frac{M(X)^2}{2} - 2714.7 N \frac{(X^3)}{6} - 5428.14 N \frac{(X - 0.150 m)^3}{6} + C1(X) + C2$$

Para hallar los valores de las constantes de integración $C1$ y $C2$ los cuales dependen de las condiciones geométricas en la frontera, en este caso solo se evalúa el valor de la pendiente con respecto a los valores de X y Y de la siguiente manera.

Cuando $X = 0$ Y $Y = 0$, entonces,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0 \qquad C2 = 0 \qquad C1 = 0$$

Tomando la ecuación , se toma el valor del módulo de elasticidad, la pendiente y la pendiente como cero y reemplazan los valores de X el cuál es la mitad del valor de la longitud total de la viga y $C1$, para determinar el momento en el punto a.

$$Ma(0.150) + 2714.7 N \frac{(0.150^2 m)}{2} - 5428.14 N \frac{(0.150 m - 0.150 m)^2}{2} = 0$$

$$Ma = 209.03 N * m$$

Al tener una viga totalmente simétrica y tener en cuenta que la fuerza aplicada se encuentra justo en la mitad de la viga, suponemos el valor del momento en el punto a igual al momento en el punto c.

$$Ma = Mc = 209.03 N * m$$

Ya con los valores de las reacciones en los apoyos y los momentos generados por el empotramiento, se determina la deformación en el centro de la viga el cual es el máximo punto de deflexión, para esto tomamos la ecuación , para de esta manera reemplazar los valores de X el cuál es el punto máximo de la deflexión en la longitud de la viga, los valores de $C1$ y $C2$, además de los respectivos valores tanto del módulo de elasticidad como del momento de inercia como se presenta a continuación.

Modulo de elasticidad acero A36 = 200 Gpa

Momento de inercia = 19.08 cm⁴

$$E * I * y = \frac{M(0.150)^2}{2} - 2714.7 N \frac{(0.150^3)}{6} - 5428.14 N \frac{(0.150 - 0.150 m)^3}{6}$$

$$EI * y = 4.13 N * m^3$$

$$Y = \frac{4.13 N * m^3}{E * I}$$

$$Y = \frac{4.13 N * m^3}{(200 * 10^9 Pa) * (19.08 * 10^{-8})} = -0.000108 m \approx 0.108 mm$$

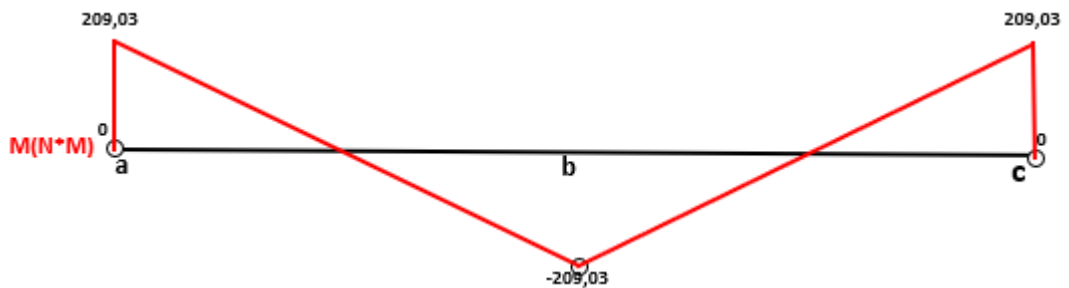
A partir de los momentos en generados en las reacciones en los apoyos de la placa, se determina el momento flector máximo ubicado en el centro de la placa o en el punto b, para de esta manera realizar el respectivo diagrama de momento flector de la misma como se puede apreciar a continuación.

El momento flector máximo se determina con el método de áreas del diagrama de fuerza cortante con la ecuación presentada a continuación.

$$Mb = 2714,07N (0.150m) = 407.11 N * m$$

- Diagrama de momento flector

Imagen 92. Diagrama de momento flector



Fuente: elaboración propia, con base en POWER POINT

A continuación, se realizará la respectiva comprobación de la viga, para lo cual, para el material A36 se encontró un esfuerzo de fluencia de 250 mega pascales, con el cual se hará la respectiva comparación con el esfuerzo máximo presentado en la placa.

$$S = \text{módulo de sección} = 2.73 cm^3$$

$$\sigma_{fluencia} = 250 Mpa$$

Ecuación 2. Ecuación de flexión

$$\sigma_{Max} = \frac{MC}{I} \quad \frac{I}{c} = S \quad \sigma_{Max} = \frac{M}{S}$$

$$\sigma_{Max} = \frac{407110 \text{ N.mm}}{2730 \text{ mm}^3} = 149.12 \text{ Mpa}$$

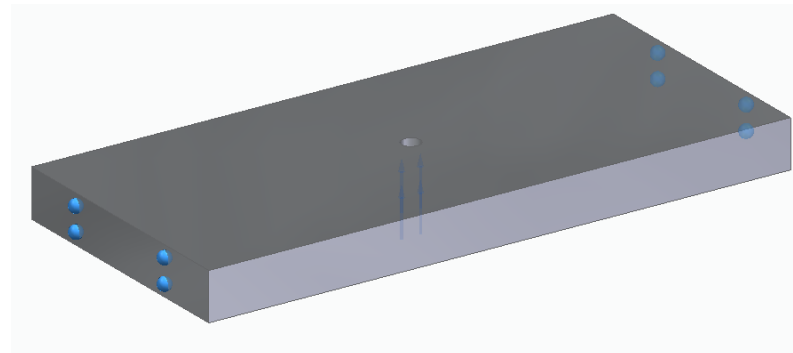
$$FS = \frac{\sigma_{fluencia}}{\sigma_{Máximo}} = \frac{250 \text{ Mpa}}{149.12 \text{ Mpa}} = 1.67$$

Como conclusión de la comparación del esfuerzo al cual se somete la viga y el esfuerzo de fluencia del material de la viga, se determina óptimo, ya que, al determinar el factor, con los esfuerzos, máximo y de fluencia, se determina como óptimo ya que el valor del mismo se encuentra por encima de 1.

Simulación

A continuación se realiza la validación del diseño de la placa con los respectivos materiales, se llevará a cabo la intervención de un sistema de simulación de elementos finitos como se realizó en la sección de guías como lo era el NX Nastran, el cual es el simulador de la herramienta tecnológica de Solid Edge, el cual es un programa para modelamiento de piezas mecánicas, a continuación se presentarán datos técnicos de los materiales, las cargas y los tipos de malla para la respectiva simulación.

Imagen 93. Modelado placa de soporte de cilindros neumáticos



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Inicialmente se presenta la imagen 93, en la cual podemos ver la tabla de las propiedades del estudio en el cual encontramos el tipo de estudio el cual es estático lineal, con una malla de tipo tetraédrica, estas propiedades de estudio, son verificadas por el software ya mencionado anteriormente, NX Nastran.

Tabla 45. Tabla de propiedades del estudio

Propiedad del estudio	Valor
Nombre del estudio	Estudio estático 1
Tipo de estudio	Estático lineal
Tipo de mallado	Tetraédrico
Solucionador iterativo	Activado
Verificación de geometría de NX Nastran	Activado
Línea de comandos de NX Nastran	
Opciones de estudio de NX Nastran	
Opciones generadas de NX Nastran	
Opciones predeterminadas de NX Nastran	
Opción de sólo resultados de superficie	Activado

Fuente: elaboración propia, con base en NX NASTRAN

A continuación, se hace la presentación de las propiedades del material seleccionado para la placa superior la cual soporta la carga de accionamiento del cilindro neumático, la placa superior como se mencionó anteriormente es de acero AISI A36, en la imagen se aprecia datos necesarios como lo es, densidad, módulo de elasticidad, límite elástico y la tensión a la rotura.

Tabla 46. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga

Propiedad	Valor
Densidad	7850,000 kg/m ³
Coefficiente de expansión térmica	0,0000 /C
Conductividad térmica	0,014 kW/m-C
Calor específico	440,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	200000,003 MPa
Coefficiente de Poisson	0,260
Límite elástico	248,000 MPa
Tensión de rotura	400,000 MPa
% de elongación	0,000

Fuente: Elaboración propia, con base en NX NASTRAN

La restricción para la placa como se pudo apreciar en el diagrama de cuerpo libre es de placa empotrada en sus extremos, este parámetro fue tomado en cuenta a la hora de realizar la simulación en el respectivo programa.

Para el enmallado de la placa soporte se selecciona de tipo tetraédrico, con la cantidad de un cuerpo mallado el cual es la placa de soporte, con una cantidad de 11.360 nodos en el cuerpo total y un tamaño de malla de 7 el cual es considerado como un tamaño de malla fino.

Tabla 47. Tabla de propiedades de la malla

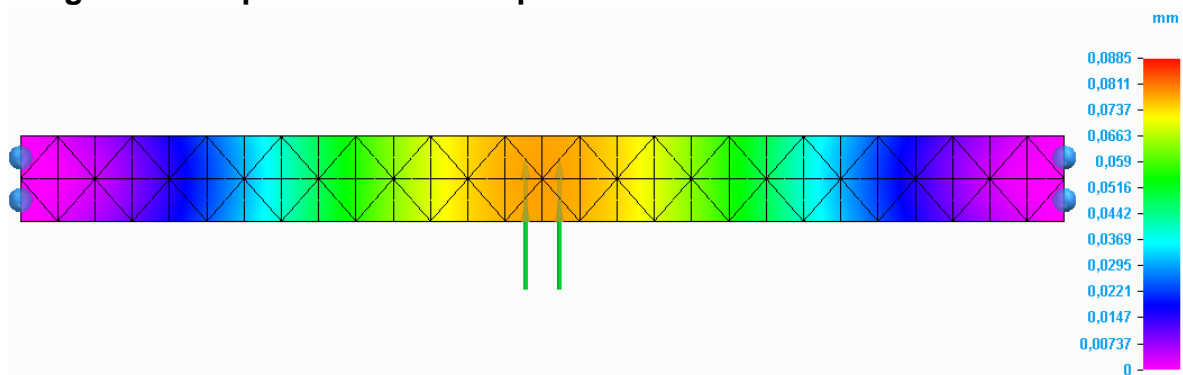
Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	6.873
Número total de nodos	11.360
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	7

Fuente: Elaboración propia, con base en NX NASTRAN

Con respecto al desplazamiento del soporte de la viga, comprobamos como lo calculamos anteriormente una deformación en el eje Y de 0,0981 mm de longitud en su condición máxima, a partir de los colores en las convenciones nos podemos guiar en cuanto al movimiento que produce la fuerza ubicada en el centro del soporte.

Con respecto al desplazamiento de la placa del soporte, se aprecia una variación en cuando al valor en el punto central de la placa entre los cálculos realizados por teoría y la simulación realizada, ya que, a partir de la teoría, apreciamos el valor de la deformación en 0.108 milímetros y con la simulación nos arrojó un valor de 0.0885 milímetros, teniendo una diferencia de 0.0195 milímetros.

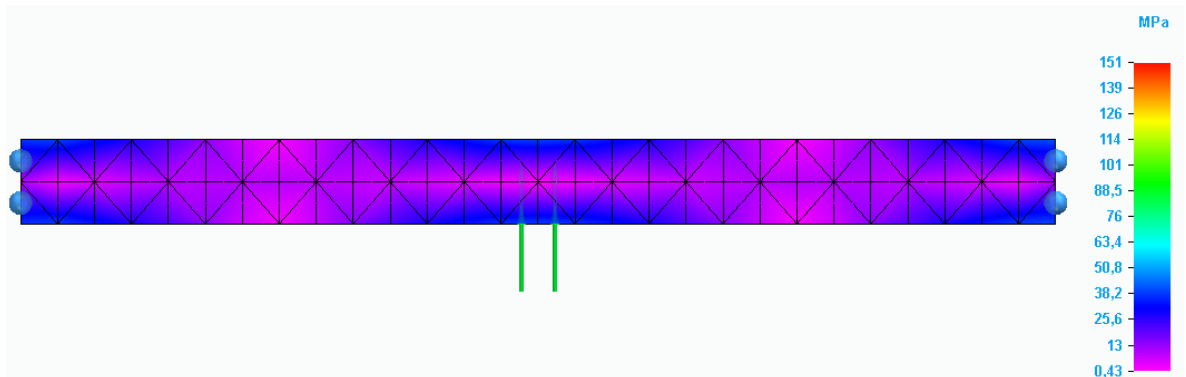
Imagen 94. Desplazamiento de la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

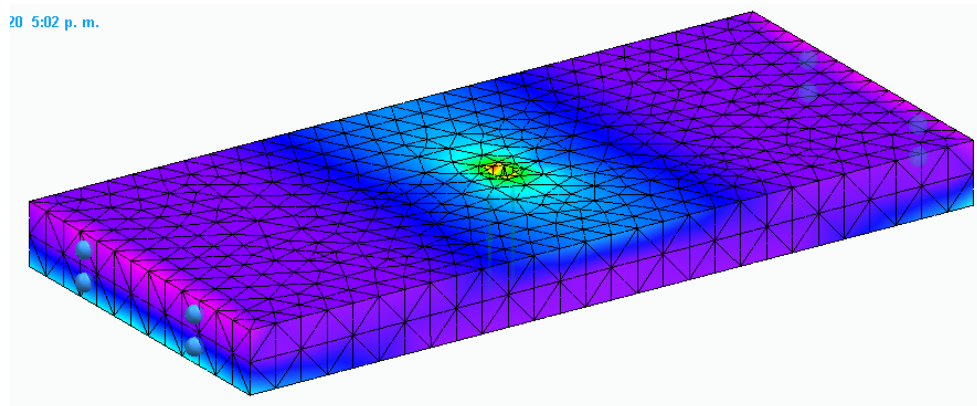
Teniendo en cuenta el desplazamiento ocasionado en la viga, se realizó la misma comprobación, pero en este caso validando los esfuerzos que ocurren en la placa de soporte como se puede apreciar en la imagen 93, tenemos un esfuerzo máximo de 151 Mpa, con mayor efecto en la zona central de la placa ya que la carga se presentó didácticamente en este sector.

Imagen 95. Esfuerzos en la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Imagen 96. Esfuerzos máximos en la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Como podemos apreciar en la imagen 94, se presenta una vista en la cual se puede apreciar con mayor claridad los sectores del soporte de la viga en donde sufre los esfuerzos mayores, como se evidencia la carga es accionante en la parte central de la placa.

Tamaño de malla 5

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 5.426 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

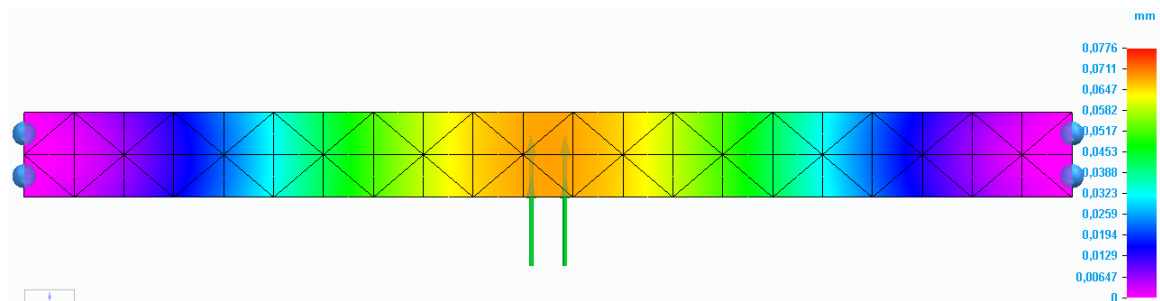
Tabla 48. Propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	3.078
Número total de nodos	5.426
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	5

Fuente: Elaboración propia, con base en NX NASTRAN

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.0109 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

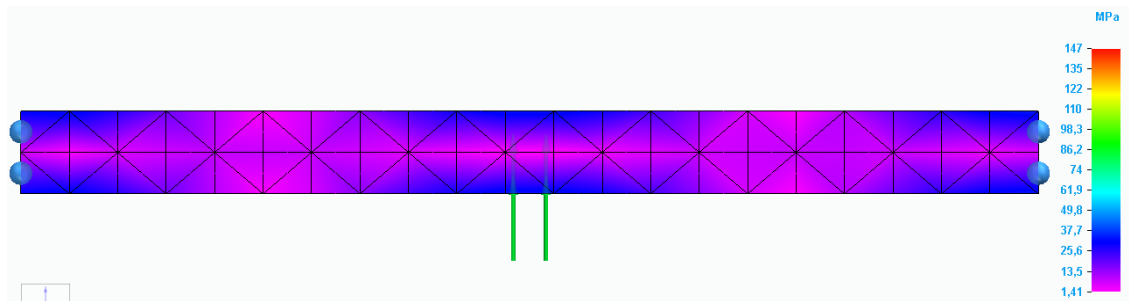
Imagen 97. Desplazamiento de la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en el soporte de la sección de guías, disminuye 4 Mpa, llegando a los 147 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 151 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 9. Esfuerzos en la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Tamaño de malla 3

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 3.834 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

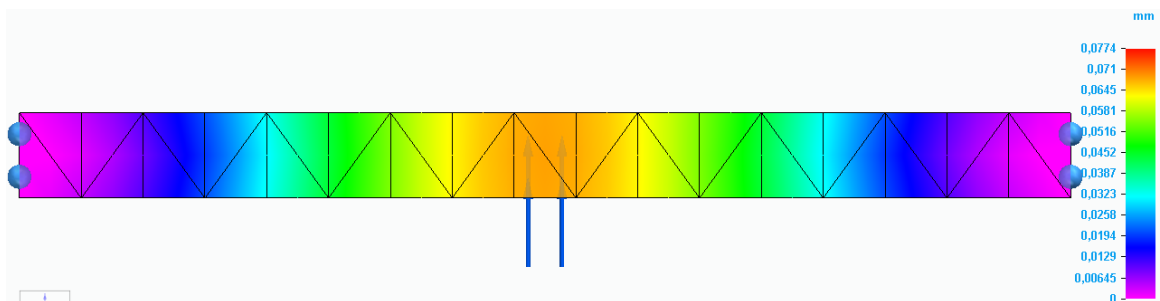
Tabla 49. Propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	2.208
Número total de nodos	3.834
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	3

Fuente: elaboración propia, con base en NX NASTRAN

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.0111 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

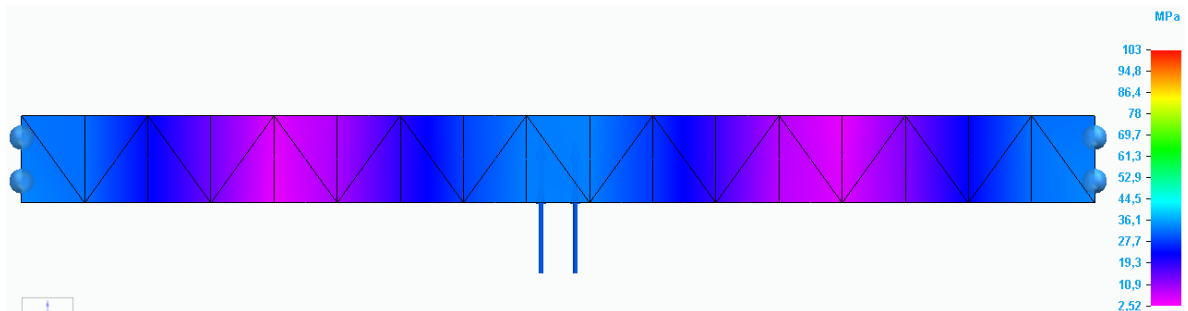
Imagen 99. Desplazamiento de la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en el soporte de la sección de guías, disminuye 48 Mpa, llegando a los 103 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 151 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 100. Esfuerzos en la placa



Fuente: elaboración propia, con base en SOLID EDGE

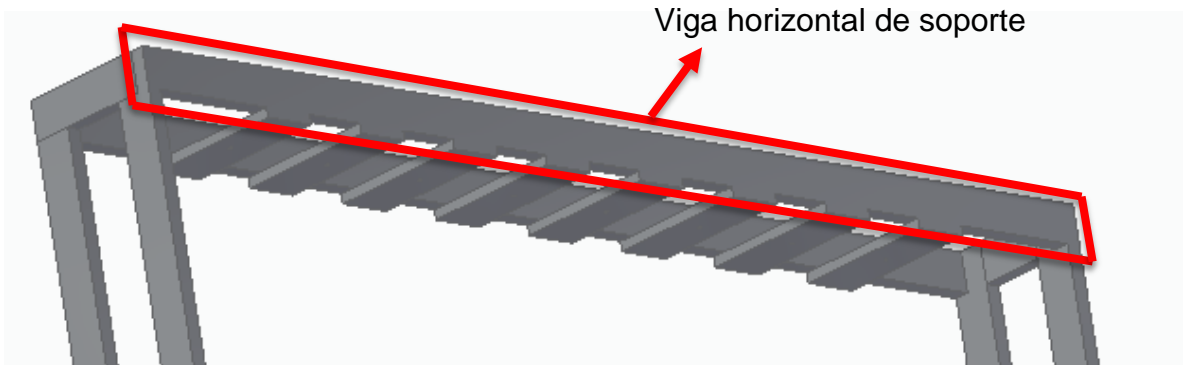
Con la variación de malla, se pudo apreciar el desfase con respecto al tamaño de malla 7, en donde la diferencia tanto de desplazamiento como de esfuerzos se apreció de 151 Mpa a 103 Mpa, como de esfuerzos como se presento de 0.0885 a 0.0774, del tamaño 7 al 3 respectivamente, este desfase presenta gran cambio, en la variación de malla de tamaño 5 a 3, sin embargo se toma en cuenta la calidad de la malla de tamaño 7, por lo tanto se aprueban los resultados hallados en la simulación con el programa NX Nastran.

Como se pudo comprobar ya numéricamente y a partir de las simulaciones realizadas, la placa de soporte es ampliamente capaz de soportar la carga que actualmente se le aplica de un valor de 5428 N, sin que se evidencie una modificación notoria o importante tanto en el material del soporte como en la deformación del mismo.

➤ **Cálculo viga horizontal de soporte.** La viga horizontal de soporte como se apreció en la imagen 98, es aquella que soporta las cargas de reacción por parte de la placa de soporte del cilindro neumático, por lo tanto, conlleva las reacciones en los extremos de la placa como fuerza aplicada para esta viga horizontal, a continuación, se determinarán los diagramas de cuerpo libre para de esta manera

realizar las sumatorias de fuerza y encontrar los esfuerzos que se presentan y la deformación en la viga.

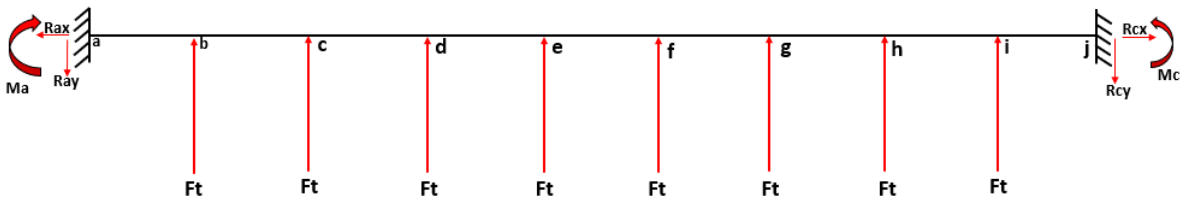
Imagen 101. Calculo viga horizontal



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Para dar inicio, se presenta el diagrama de cuerpo libre, con el cual realizaremos la sumatoria de fuerzas para así encontrar las reacciones en el cuerpo del soporte de placa.

Imagen 102. Diagrama de cuerpo libre

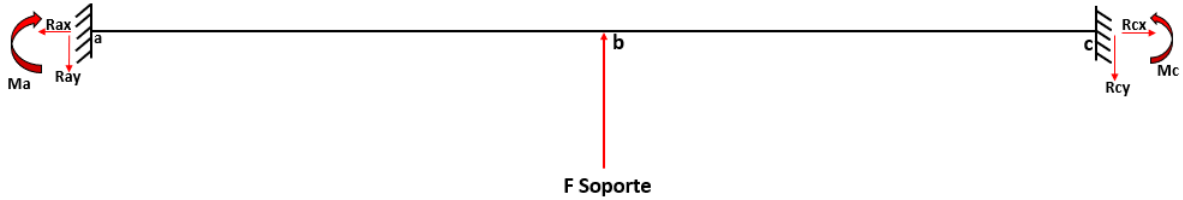


Fuente: elaboración propia, con base a programa POWER POINT

A partir de este diagrama de cuerpo libre, para mayor sencillez a la hora de realizar el cálculo se determinan las fuerzas como puntual y en el centro de la viga como se presenta a continuación.

$$F_{soporte} = Ft * 8 = 2714 N * 8 = 21712 N$$

Imagen 103. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, con base a programa POWER POINT

$$\sum F_y = -R_{ay} + F_{soporte} - R_{cy} = 0$$

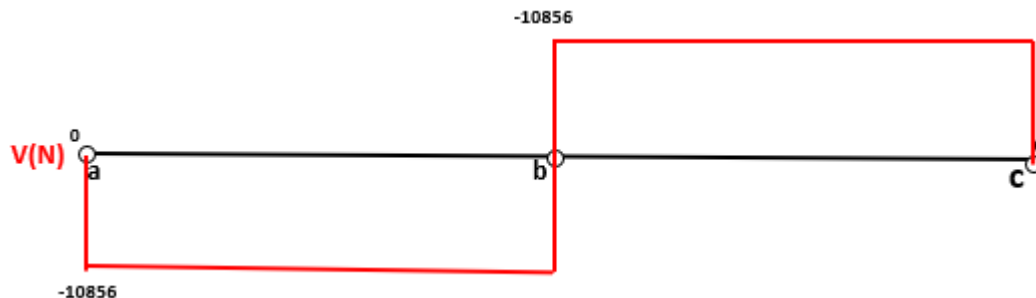
Para el valor de $F_{soporte}$ se da a partir de la fuerza de reacción en los apoyos de la placa de soporte, el cual es de un valor de 21712 N, en donde se presenta una carga que flexiona la viga y somete a la misma a esfuerzos flectores; a continuación se presentará el cálculo respectivo para hallar las reacciones en los apoyos y de esta manera hacer la determinación del diagrama de fuerza cortante.

$$R_{ay} = R_{cy} = \frac{F_{soporte}}{2}$$

$$R_{ay} = R_{cy} = \frac{21712 \text{ N}}{2} = 10856 \text{ N}$$

Al contar con las reacciones en los apoyos, se realiza el respectivo diagrama de fuerza cortante como se presenta a continuación, donde presentamos además de las reacciones, la fuerza aplicada a la placa por parte de la reacción en la placa de soporte.

Imagen 104. Diagrama de fuerza cortante



Fuente: elaboración propia, con base a programa POWER POINT

A partir de las reacciones en los apoyos se realiza la sumatoria de momentos resultando de la siguiente manera,

$$\sum M = F_{soporte}(1.44 \text{ m}) - Ray(2.88 \text{ m}) + M_c - M_a = 0$$

- Momentos de reacción

Para la determinación de los momentos se utiliza el método de doble integración para la cual aplica la siguiente Ecuación.

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Donde,

M = momento de flexión

X = la posición de la viga medida a lo largo de su longitud

Y = deflexión de la viga

Despejando el momento flector en la ecuación, queda de la siguiente manera.

Ecuación 1. Medida de rigidez o resistencia a la flexión

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

Se determinan los momentos en C para considerar la ecuación de momento a continuación.

$$M = M_a - Ray(x) + F_{soporte}(x - 1.44 \text{ m})$$

La ecuación de momento se reemplaza en la ecuación , la cual considera el método de doble integración.

$$E * I * \frac{d^2y}{dx^2} = M - 10856(x) + 21712(x - 1.44 \text{ m})$$

Se realiza la primera integral de la ecuación para obtener la ecuación de pendiente como se muestra a continuación.

$$E * I * \frac{dy}{dx} = M(X) - 10856 N \frac{(X^2)}{2} + 21712 N \frac{(X - 1.44 \text{ m})^2}{2} + C1$$

Después, se realiza la segunda integral, para de esta manera hallar la ecuación de deflexión o deformación como se muestra en la siguiente ecuación.

$$E * I * y = \frac{M(X)^2}{2} - 10856 N \frac{(X^3)}{6} - 21712 N \frac{(X - 1.44 m)^3}{6} + C1(X) + C2$$

Para hallar los valores de las constantes de integración $C1$ y $C2$ los cuales dependen de las condiciones geométricas en la frontera, en este caso solo se evalúa el valor de la pendiente con respecto a los valores de X y Y de la siguiente manera.

Cuando $X = 0$ Y $Y = 0$, entonces,

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0 \qquad C2 = 0 \qquad C1 = 0$$

Tomando la ecuación , se toma el valor del módulo de elasticidad, la pendiente y la pendiente como cero y reemplazan los valores de X el cuál es la mitad del valor de la longitud total de la viga y $C1$, para determinar el momento en el punto a.

$$Ma(1.44m) + 10856 N \frac{(1.44^2 m)}{2} - 21712 N \frac{(1.44 m - 1.44 m)^2}{2} = 0$$

$$Ma = 7816,32 N * m$$

Al tener una viga totalmente simétrica y tener en cuenta que la fuerza aplicada se encuentra justo en la mitad de la viga, suponemos el valor del momento en el punto a igual al momento en el punto c.

$$Ma = Mc = 7816,32 N * m$$

Ya con los valores de las reacciones en los apoyos y los momentos generados por el empotramiento, se determina la deformación en el centro de la viga el cual es el máximo punto de deflexión, para esto tomamos la ecuación , para de esta manera reemplazar los valores de X el cuál es el punto máximo de la deflexión en la longitud de la viga, los valores de $C1$ y $C2$, además de los respectivos valores tanto del módulo de elasticidad como del momento de inercia como se presenta a continuación.

Modulo de elasticidad acero A36 = 200 Gpa

Momento de inercia = 332.99 cm⁴

$$E * I * y = \frac{M(1.44m)^2}{2} - 10856 N \frac{(1.44^3)}{6} + 21712 N \frac{(1.44 - 1.44 m)^3}{6}$$

$$EI * y = 2701.32 N * m^3$$

$$Y = \frac{2701.32 N * m^3}{E * I}$$

$$Y = \frac{2701.32 \text{ N} \cdot \text{m}^3}{(200 \cdot 10^9 \text{ Pa}) \cdot (332,99 \cdot 10^{-8})} = -0.00405 \text{ m} \approx 4.05 \text{ mm}$$

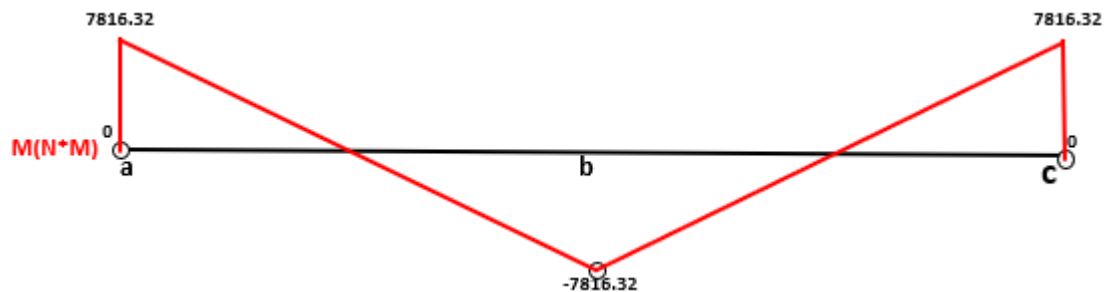
A partir de los momentos en generados en las reacciones en los apoyos de la placa, se determina el momento flector máximo ubicado en el centro de la placa o en el punto b, para de esta manera realizar el respectivo diagrama de momento flector de la misma como se puede apreciar a continuación.

El momento flector máximo se determina con el método de áreas del diagrama de fuerza cortante con la ecuación presentada a continuación.

$$Mb = 10856 \text{ N} (1.44 \text{ m}) = 15632,64 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- Diagrama de momento flector

Imagen 105. Diagrama de momento flector



Fuente: elaboración propia, con base a programa POWER POINT

A continuación, se realizará la respectiva comprobación de la viga, para lo cual, para el material A36 se encontró un esfuerzo de fluencia de 250 mega pascales, con el cual se hará la respectiva comparación con el esfuerzo máximo presentado en la placa.

$$S = \text{módulo de sección} = 62.55 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{fluencia}} = 250 \text{ Mpa}$$

Ecuación 2. Ecuación de flexión

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC}{I} \quad \frac{I}{c} = S \quad \sigma_{\text{Max}} = \frac{M}{S}$$

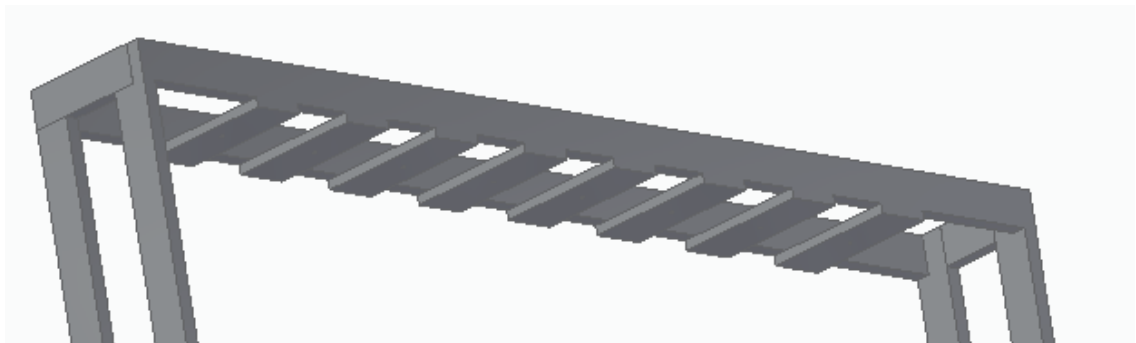
$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{15632640 \text{ N} \cdot \text{mm}}{62550 \text{ mm}^3} = 249.92 \text{ Mpa}$$

Como conclusión de la comparación del esfuerzo al cual se somete la viga y el esfuerzo de fluencia del material de la viga, se determina óptimo, ya que, al determinar el factor, con los esfuerzos, máximo y de fluencia, se determina como óptimo ya que el valor del mismo se encuentra por encima de 1.

Simulación

A continuación se realiza la validación del diseño de la placa con los respectivos materiales, se llevará a cabo la intervención de un sistema de simulación de elementos finitos como se realizó en la sección de guías como lo era el NX Nastran, el cual es el simulador de la herramienta tecnológica de Solid Edge, el cual es un programa para modelamiento de piezas mecánicas, a continuación se presentarán datos técnicos de los materiales, las cargas y los tipos de malla para la respectiva simulación.

Imagen 106. Modelado viga horizontal de soporte



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Inicialmente se presenta la imagen 103, en la cual podemos ver la tabla de las propiedades del estudio en el cual encontramos el tipo de estudio el cual es estático lineal, con una malla de tipo tetraédrica, estas propiedades de estudio, son verificadas por el software ya mencionado anteriormente, NX Nastran.

Tabla 50. Tabla de propiedades del estudio

Propiedad del estudio	Valor
Nombre del estudio	Estudio estático 1
Tipo de estudio	Estático lineal
Tipo de mallado	Tetraédrico
Solucionador iterativo	Activado
Verificación de geometría de NX Nastran	Activado
Línea de comandos de NX Nastran	
Opciones de estudio de NX Nastran	
Opciones generadas de NX Nastran	
Opciones predeterminadas de NX Nastran	
Opción de sólo resultados de superficie	Activado

Fuente: elaboración propia, con base en programa NX NASTRAN

A continuación, se hace la presentación de las propiedades del material seleccionado para la placa superior la cual soporta la carga de accionamiento del cilindro neumático, la placa superior como se mencionó anteriormente es de acero AISI A36, en la imagen se aprecia datos necesarios como lo es, densidad, módulo de elasticidad, límite elástico y la tensión a la rotura.

Tabla 51. Tabla de propiedades del material del soporte de la viga

Propiedad	Valor
Densidad	7850,000 kg/m ³
Coefficiente de expansión térmica	0,0000 /C
Conductividad térmica	0,014 kW/m-C
Calor específico	440,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	200000,003 MPa
Coefficiente de Poisson	0,260
Límite elástico	248,000 MPa
Tensión de rotura	400,000 MPa
% de elongación	0,000

Fuente: elaboración propia, con base en programa NX NASTRAN

La restricción para la placa como se pudo apreciar en el diagrama de cuerpo libre es de placa empotrada en sus extremos, este parámetro fue tomado en cuenta a la hora de realizar la simulación en el respectivo programa.

Para el enmallado de la placa soporte se selecciona de tipo tetraédrico, con la cantidad de un cuerpo mallado el cual es la placa de soporte, con una cantidad de 2183 nodos en el cuerpo total y un tamaño de malla de 7 el cual es considerado como un tamaño de malla fino.

Tabla 52. Tabla de propiedades de la malla

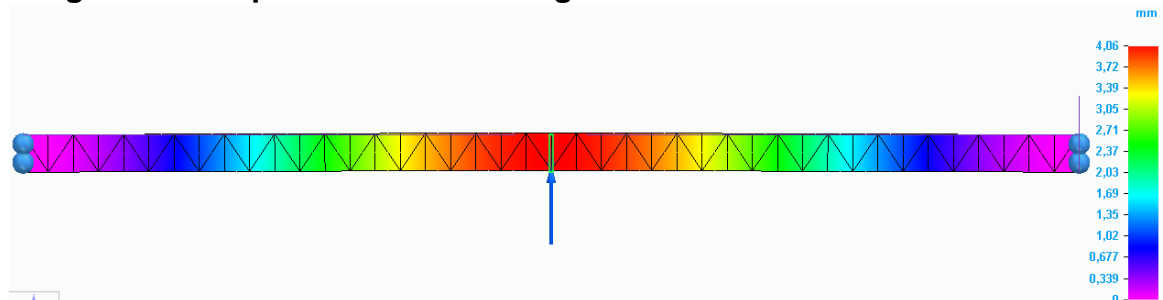
Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	1.154
Número total de nodos	2.183
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	7

Fuente: elaboración propia, con base en programa NX NASTRAN

Con respecto al desplazamiento del soporte de la viga, comprobamos como lo calculamos anteriormente una deformación en el eje Y de 0,0981 mm de longitud en su condición máxima, a partir de los colores en las convenciones nos podemos guiar en cuanto al movimiento que produce la fuerza ubicada en el centro del soporte.

Con respecto al desplazamiento de la viga horizontal, se aprecia una variación en cuando al valor en el punto central de la viga entre los cálculos realizados por teoría y la simulación realizada, ya que, a partir de la teoría, apreciamos el valor de la deformación en 4.05 milímetros y con la simulación nos arrojó un valor de 4.06 milímetros, teniendo una diferencia de 0.01 milímetros.

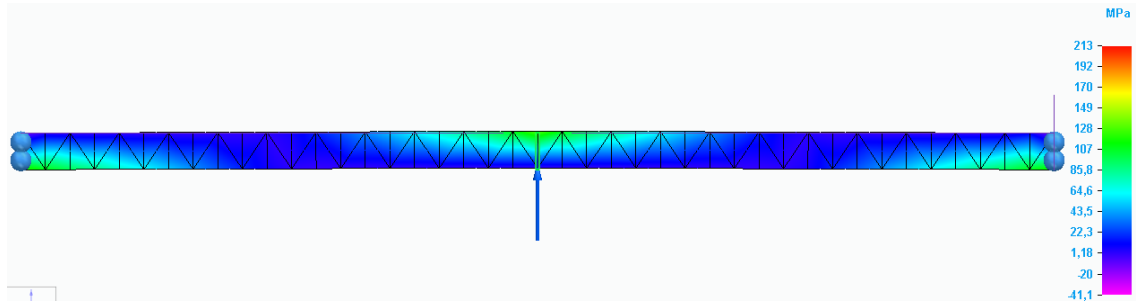
Imagen 107.Desplazamiento de la viga



Fuente: elaboración propia, con base en programa SOLID EDGE

Teniendo en cuenta el desplazamiento ocasionado en la viga, se realizó la misma comprobación, pero en este caso validando los esfuerzos que ocurren en la placa de soporte como se puede apreciar en la imagen 105, tenemos un esfuerzo máximo de 213 Mpa, con mayor efecto en la zona central y los extremos de la viga.

Imagen 108. Esfuerzos en la viga



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Tamaño de malla 5

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 942 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

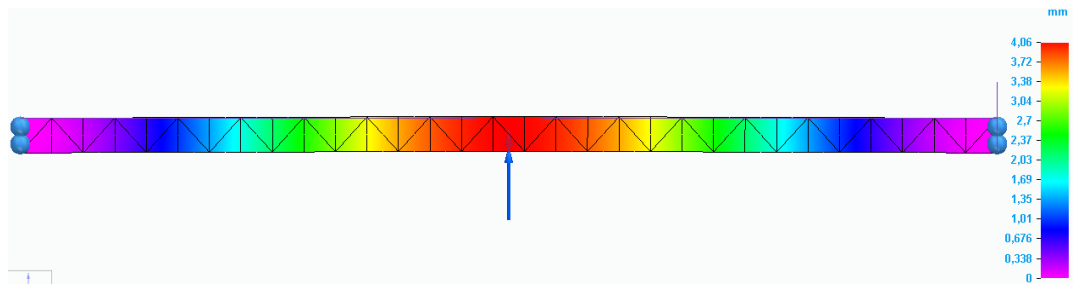
Tabla 53. Propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	411
Número total de nodos	942
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	5

Fuente: Elaboración propia, con base en programa NX NASTRAN

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 4.06 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

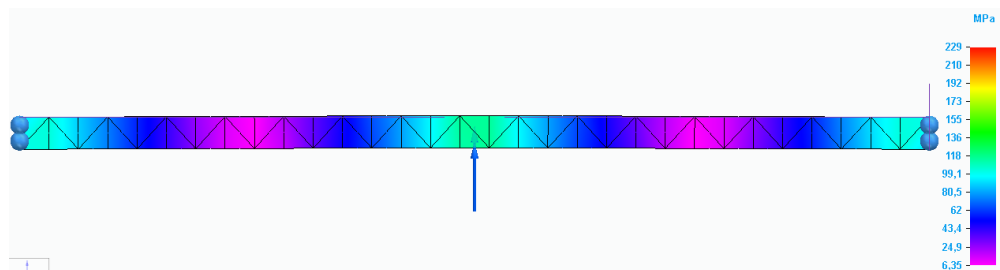
Imagen 109. Desplazamiento de la viga



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en la viga horizontal, aumentó 16 Mpa, llegando a los 229 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 213 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 110. Esfuerzos en la viga



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Tamaño de malla 3

Con el tamaño de malla respectivo se presenta la cantidad de nodos, en la cual tenemos 729 para lo cual denotamos la disminución en la misma, comparada con el tamaño de malla 7.

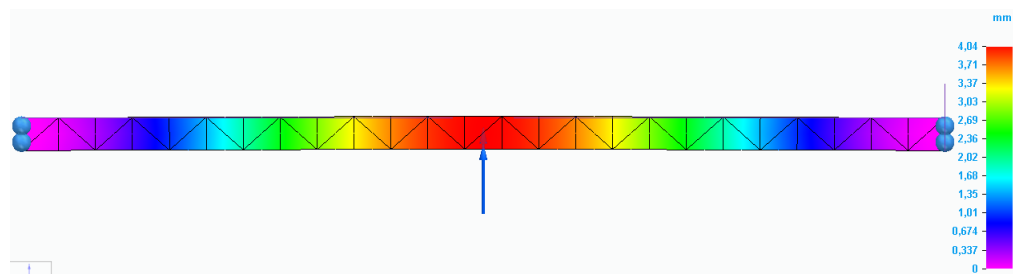
Tabla 54. Propiedades de la malla

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	304
Número total de nodos	729
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	3

Fuente: Elaboración propia, con base en programa NX NASTRAN

En tanto al desplazamiento de la malla con respecto al tamaño de malla 7, tenemos que el valor varía 0.02 milímetros, esto nos ratifica que la calidad de malla o del software no altera notoriamente el resultado obtenido.

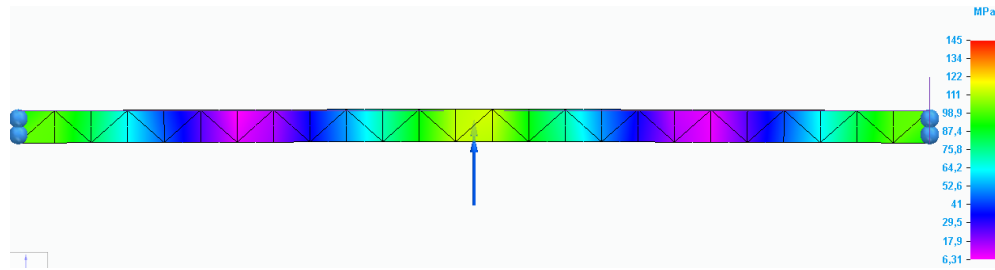
Imagen 111. Desplazamiento de la viga



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Finalmente, con respecto a el esfuerzo que se presenta en el soporte de la sección de guías, disminuye 68 Mpa, llegando a los 145 Mpa, a comparación de la malla de tamaño 7 que nos presentó una cantidad de 213 Mpa, este valor ratifica la disminución en la calidad de la malla, debido a que no es tan compacta y toma menos puntos o nodos comparada con la malla de tamaño 7.

Imagen 111. Esfuerzos en la viga



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Con la variación de malla, se pudo apreciar el desfase con respecto al tamaño de malla 7, en donde la diferencia tanto de desplazamiento como de esfuerzos se aprecio de 213 Mpa, llegando a los 229 y finalmente con la malla mas basta según la definicion del software, obteniendo un valor de 145 Mpa, en el caso del desplazamiento se presento una variación de 4.06 a 4.04, del tamaño 7 al 3 respectivamente, el desfase con respecto al esfuerzo presentado en la viga resulta un gran cambio, en la variacion de malla de tamaño 5 a 3, sin embargo se toma en cuenta la calidad de la malla de tamaño 7, por lo tanto se aprueban los resultados hallados en la simulación con el programa NX Nastran.

Como se pudo comprobar ya numéricamente y a partir de las simulaciones realizadas, la viga de soporte es ampliamente capaz de soportar la carga que actualmente se le aplica de un valor de 21712 N, sin que se evidencie una modificación notoria o importante tanto en el material del soporte como en la deformación del mismo.

➤ **Calculo viga vertical de soporte**

Imagen 112. Calcula viga vertical de soporte



Fuente: elaboración propia, con base al programa SOLID EDGE

Donde $R_x = 10856 \text{ N}$

Ecuación 3.
Deformación
bajo una carga
axial directa

$$\delta = \frac{F * l}{E * A}$$

Donde

Ecuación 4.
Esfuerzo
cortante
directo

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

El Área corresponde a $38,76 \text{ cm}^2$. Reemplazando en la ecuación

$$\tau = \frac{10856 \text{ N}}{3876 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 2,80 \text{ Mpa}$$

Reemplazando en la ecuación

$$\delta = \frac{\tau * l}{E}$$

Reemplazando los datos

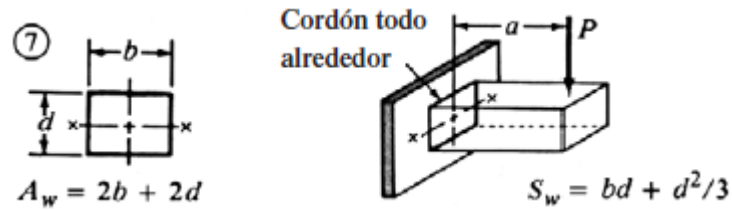
$$\delta = \frac{2,8 \text{ Mpa} * 1,05 \text{ m}}{200 * 10^9 \text{ Pa}}$$

$$\delta = 0.000000014 \text{ m}$$

$$\delta = 0.0000147 \text{ mm}$$

➤ **Soldadura de la estructura del sistema de corte.** La soldadura para sistemas estructurales se realiza con soldadura MIG al intergas, ya que es un método efectivo para la misma; para dar inicio con los cálculos de la soldadura, se determina a partir del libro de Mott, titulado Diseño de elementos de máquinas, el cual como se ve en la imagen 111, se calcula tanto el área efectiva de la soldadura como momento resistente elástico de la soldadura.

Imagen 113. Soldadura de la estructura del sistema de corte



Fuente: MOTT. ROBERT L. Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 786p. ISBN 0130618853

$A_w = \text{área efectiva de la soldadura}$

$S_w = \text{Momento resistente elástico de la soldadura}$

$b = \text{Ancho del perfil}$

$d = \text{Alto del perfil}$

Como inicio del cálculo tenemos el área efectiva de la soldadura,

$$A_w = 2b + 2d$$

$$A_w = 2(1.49606 \text{ in}) + 2(4.01575 \text{ in})$$

$$A_w = 11.02362 \text{ in}$$

Cuadro 2. Fórmula para la fuerza

<i>Tipo de carga</i>	<i>Fórmula (y número de ecuación) para fuerza/pulgada de soldadura</i>	
Tensión o compresión directa	$f = P/A_w$	(20-4)
Cortante vertical directo	$f = V/A_w$	(20-5)
Flexión	$f = M/S_w$	(20-6)
Torsión	$f = Tc/J_w$	(20-7)

Fuente: MOTT. ROBERT L. Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. Mexico: Pearson, 2006, 785p. ISBN 0130618853

La carga aplicada sobre la viga es definida para la tabla como cortante vertical directa, ya que como se aprecia en la imagen 110, la unión de las mismas es de manera transversal y este se convierte en fuerza cortante pura.

Teniendo esto en cuenta, a partir de la imagen 111, se hará uso de la ecuación de cortante vertical directo para determinar la fuerza y por consiguiente determinar los momentos que afectan la soldadura.

$$F = \frac{V}{Aw}$$

$$F = \frac{21712 \text{ N} * \left(\frac{0.02248 \text{ lbf}}{1 \text{ N}}\right)}{11.02362 \text{ in}}$$

$$F = 44.276 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Como se apreció en el cálculo anterior, la fuerza aplicada en la viga de soporte de las cuchillas, la cual es la más crítica en esta sección, es la usada para la fuerza que va a resistir la soldadura; a continuación, es necesario tener en cuenta los momentos que ejerce la fuerza de la viga en la soldadura como se aprecia en el cuadro 2.

$$M = F * D$$

$$M = \left(21712 * \left(\frac{0.02248 \text{ lbf}}{1 \text{ N}}\right)\right) * \left(144 \text{ cm} * \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}}\right)$$

$$M = 27671 \text{ lbf} * \text{in}$$

A partir del cálculo del momento que incide en la soldadura, se realiza el cálculo de la fuerza de flexión por pulgada de soldadura, utilizando la ecuación del cuadro 2.

$$f = \frac{M}{Sw}$$

$$f = \frac{27671 \text{ lbf} * \text{in}}{11.383 \text{ in}} = 2430.9 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Finalmente se calcula la fuerza resultante entre la fuerza cortante directa y el momento flector por pulgada de la siguiente manera.

$$Fr = \sqrt{\left(44.276 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2 + \left(2430.9 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}\right)^2}$$

$$Fr = 2431.3 \frac{lb}{in}$$

De esta manera culminamos la etapa del cálculo de la soldadura, a continuación, se procede a la selección del electrodo para la soldadura, para el cual como sabemos se hará uso de vigas de acero ASTM A36; en la tabla se observan dos tipos de estructuras, para la cual, se usa la sección de edificios ya sé que somete a cargas estáticas y según los cálculos realizados tomamos el electrodo E60 ya que presenta una aceptación sobre la carga tanto de esfuerzo cortante admisible y la fuerza admisible por pulgada de lado.

Tabla 55. Tipo de electrodo

Grado ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fuerza admisible por pulgada de lado
Estructuras de edificios:			
A36, A441	E60	13 600 psi	9600 lb/pulg
A36, A441	E70	15 800 psi	11 200 lb/pulg
Estructuras de puentes			
A36	E60	12 400 psi	8800 lb/pulg
A441, A242	E70	14 700 psi	10 400 lb/pulg

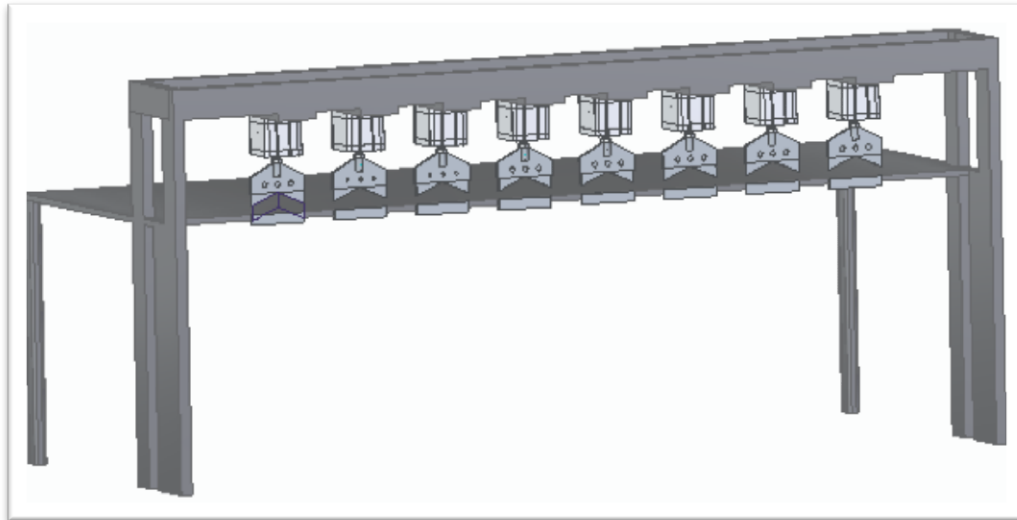
Fuente: MOTT. ROBERT L. Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 785p. ISBN 0130618853

Al haber determinado el electrodo necesario para la soldadura de la estructura, se determina el ancho del cordón de soldadura con la ecuación de la Tabla 55.

$$W = \frac{2431.3 \frac{lb}{in}}{9600 \frac{lb}{in}} = 0,2532 \text{ pulg}$$

Con este resultado se culmina el método de selección de la soldadura para la estructura del sistema de corte, esta soldadura se replica para todos los lugares donde sea necesario, teniendo en cuenta que será soldadura MIG (Metal inter gas).

Imagen 114. Diseño del sistema de corte



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

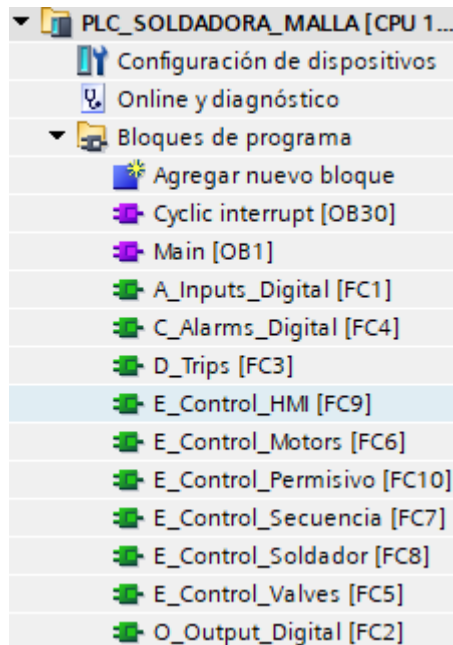
5.4 SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO PARA LA AUTPMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GUÍAS Y CORTE

El sistema electro-neumático se compone de actuadores, relés, válvulas, componentes lógicos programables, Etc. Como inicio cabe resaltar que actualmente en la empresa, la máquina de malla electrosoldada ya se encuentra automatizada para los sistemas de soldadura y de arrastres.

A continuación, se presentará la programación actual del PLC, en donde encontraremos marcas y sensores necesarios para la construcción del programa o codificación del nuevo sistema.

Inicialmente en la imagen113, se presenta el programa o código del PLC en el programa TIA Portal V15.1 de Siemens, el cual usó la empresa, donde encontraremos en diagramas de bloques la disposición de los componentes, sensores, actuadores.

Imagen 115. Programación del PLC



Fuente: elaboración propia, con base en programa TIA PORTAL

A partir de estos bloques del programa encontramos el interruptor para que el sistema sea cíclico, entradas digitales, salidas digitales, alarmas digitales, secuencias para el servomotor del sistema de arrastre, el sistema de soldadura, las válvulas para los actuadores, entre otros; estos bloques de programa determinan o permiten la funcionalidad de cada sistema, con su respectiva condicional tanto de inicio como de paros de emergencia que ya se mostrará a continuación.

En la imagen 116, encontramos las entradas digitales, las cuales están compuestas por sensores como lo son los térmicos ya sea de transformadores o de tiristores, sensores de posición, como el del carro del sistema de arrastre, también tenemos sensores de ubicación de varillas, que es donde se añade la varilla transversal para continuar con la soldadura, finalmente encontramos los estados de la bomba.

Imagen 116. Entradas digitales del PLC

Digital_Inputs								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	TSH-01_IN	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico transformador 1
2	TSH-02_IN	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico transformador 2
3	TSH-03_IN	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico transformador 3
4	TSH-04_IN	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico tiristor 1
5	TSH-05_IN	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico tiristor 2
6	TSH-06_IN	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Termico tiristor 3
7	ZS-01_IN	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Carro adelante
8	ZS-02_IN	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Carro atras
9	ZS-03_IN	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sensor varilla
10	ESD-01_IN	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Paro emergencia
11	P001_STATUS_IN	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Confirmacion bomba
12	P001_OL_IN	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Falla bomba

Fuente: elaboración propia, con base en programa TIA PORTAL

En la imagen 117, vemos las salidas digitales, donde se encuentra la válvula de movimiento del carro, el cilindro de soldadura, la bomba para refrigeración de los electrodos, o los pulsos para que realizar la soldadura.

Imagen 117. Salidas digitales

Digital_Outputs								
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	VS-01_OUT	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvula carro adelante
2	VS-02_OUT	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvula carro atras
3	VS-03_OUT	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvula prensas
4	VS-04_OUT	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvula subir carro
5	VS-05_OUT	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Valvula alimentador
6	P001_START_OUT	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bomba refrigeracion
7	PERMISIVO_START_OUT	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Permisivo de arranque
8	BALIZA_OUT	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Baliza
9	SOLDADOR_1_OUT	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pulso soldador 1
10	SOLDADOR_2_OUT	Bool	%Q1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pulso soldador 2
11	SOLDADOR_3_OUT	Bool	%Q1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pulso soldador 3

Fuente: elaboración propia, con base en programa TIA PORTAL

Anteriormente se había ya mencionado los bloques del programa, en donde encontramos el interruptor para que se realice el proceso cíclicamente, pues en este bloque sucede lo que vemos en la imagen 116, donde tenemos diferentes segmentos, donde encontramos los más importantes como lo es el inicio de la máquina, donde la prensa de soldadura debe estar abierta, el carro en ubicación baja y el encendido de la bomba, seguidamente, se ve el segmento de alimentación de la varilla transversal, el cual, al finalizar este proceso se cierra la prensa y ocurre la soldadura, al mismo tiempo que sucede esto, el carro de arrastre se mueve para a continuación realizar el arrastre de la malla, finalmente al momento de abrir las prensas el carro queda en su ubicación inicial.

En esta imagen, también se encuentran paros de secuencia, o reinicio de la misma.

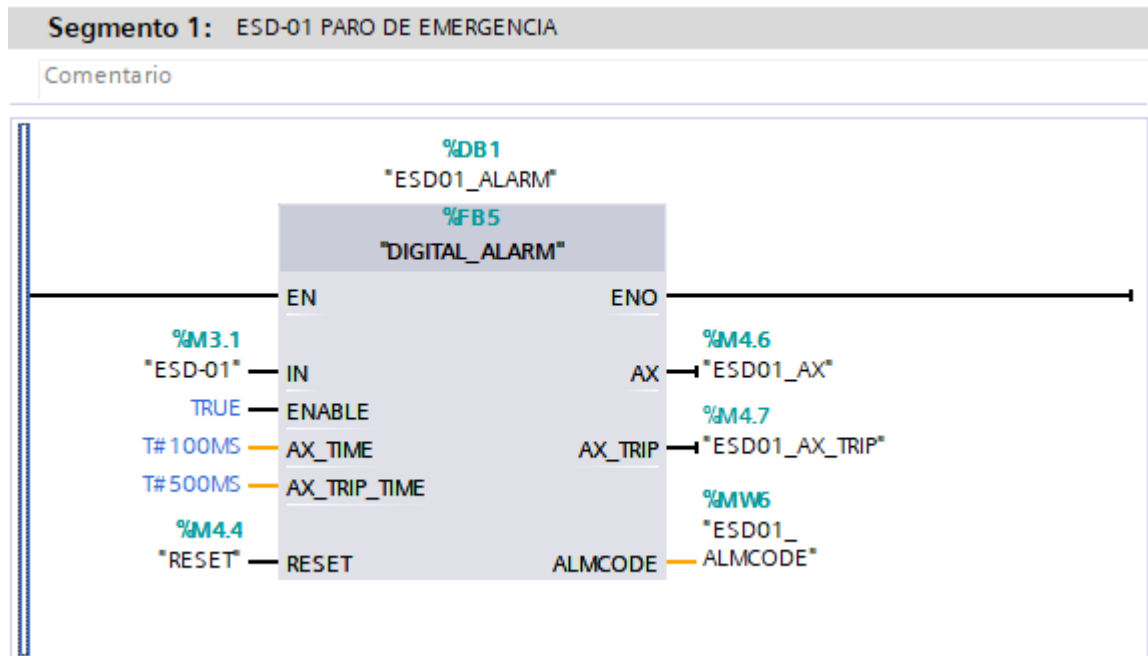
Imagen 118. Segmentos del interruptor cíclico

▶	Segmento 1:	RESET REGISTROS AJUSTE DE SECUENCIA
▶	Segmento 2:	PEMISIVO 1
▶	Segmento 3:	INICIO /BOMBA/ABAJO/PRENSA ABIERTA
▶	Segmento 4:	INICIO CARRO ATRAS
▶	Segmento 5:	INICIO CARRO ARRIBA
▶	Segmento 6:	PASO 1 ALIMENTA VARILLA
▶	Segmento 7:	PASO 2 CIERRA PRENSA/ CARRO ADELANTE
▶	Segmento 8:	PASO 3 SOLDAR SECUENCIA 0
▶	Segmento 9:	PASO 4 SUBE CARRO / ABRE PRENSAS
▶	Segmento 10:	PASO 5 CARRO ATRAS
▶	Segmento 11:	PASO 31 SODAR SECUENCIA 1
▶	Segmento 12:	PASO 32 SODAR SECUENCIA 2
▶	Segmento 13:	PASO 33 SODAR SECUENCIA 3
▶	Segmento 14:	BALIZA
▶	Segmento 15:	ROLLOS TERMINADOS
▶	Segmento 16:	ABORTING
▶	Segmento 17:	STOP SECUENCIA

Fuente: elaboración propia, con base en programa TIA PORTAL

La funcionalidad y programación del paro de emergencia se programa como una alarma digital en donde encontramos los diferentes sensores y marcas dentro de todo el programa como se observa en la imagen 117.

Imagen 119. Programación paro de emergencia

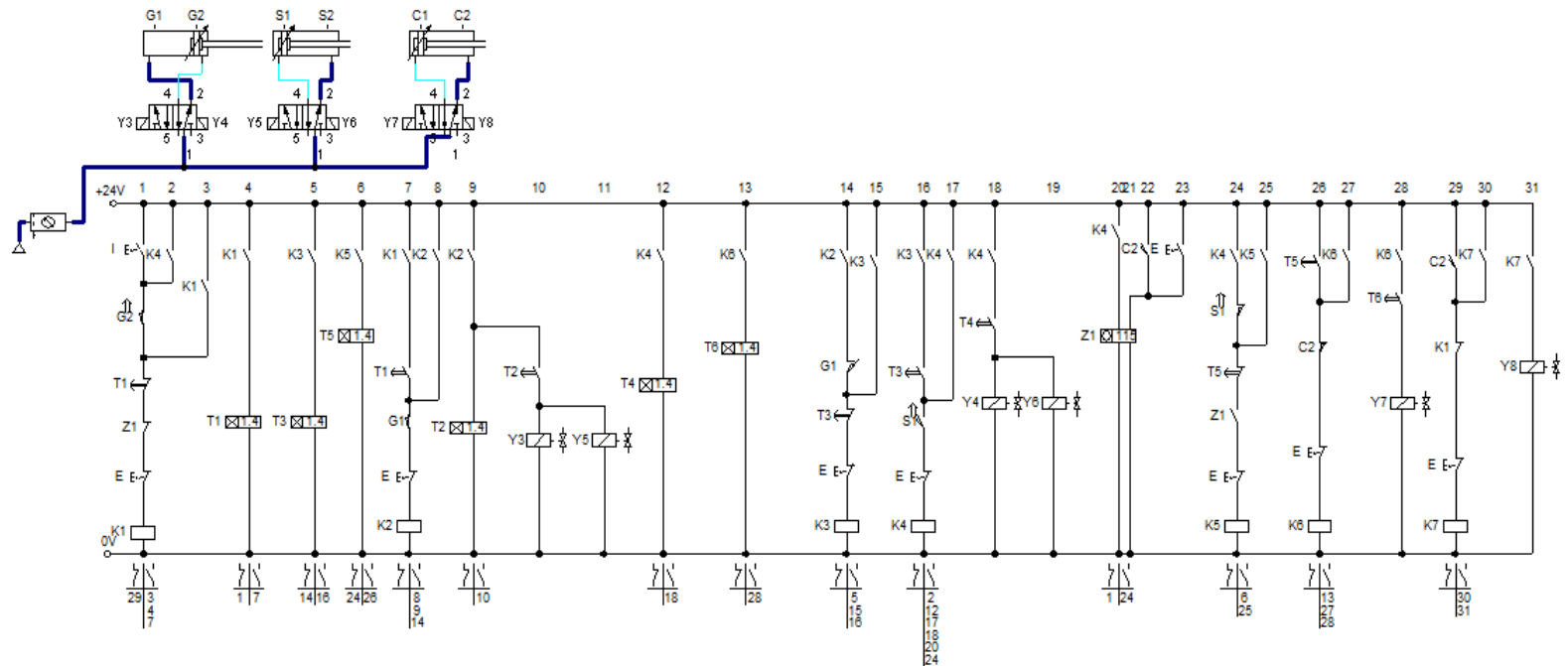


Fuente: elaboración propia, con base en programa TIA PORTAL

Para dar continuidad, al proyecto, se presenta el programa para el funcionamiento del sistema de guías y corte de la máquina de malla electrosoldada, en la cual se encuentran únicamente los sensores de posicionamiento de la soldadura y el carro de guías, esto para determinar tiempos necesarios para el debido funcionamiento del proceso en la máquina.

La forma en la que se va a entregar este programa es en listado de instrucciones, ya que es un método adecuado para su implementación y modificación para un futuro acople con respecto al programa necesario para la unión de estas variables. Para su mayor entendimiento, se presenta en la imagen 118, el programa electroneumático, donde se observan los tres cilindros de los tres sistemas los cuales representan, como lo es el sistema de guías, el sistema de corte y el sistema de soldadura.

Imagen 120. Representación Fluid Sim



Fuente: elaboración propia, con base en programa FLUID SIM

El sistema implementado para el sistema de guías y corte de la máquina de malla electrosoldada, está compuesto por válvulas 5/2, temporizadores, contadores, marcas y cilindros ya presentados anteriormente, los cuales contienen sensores de posicionamiento con los cuales se realiza la respectiva comprobación para dar continuidad con el funcionamiento del proceso.

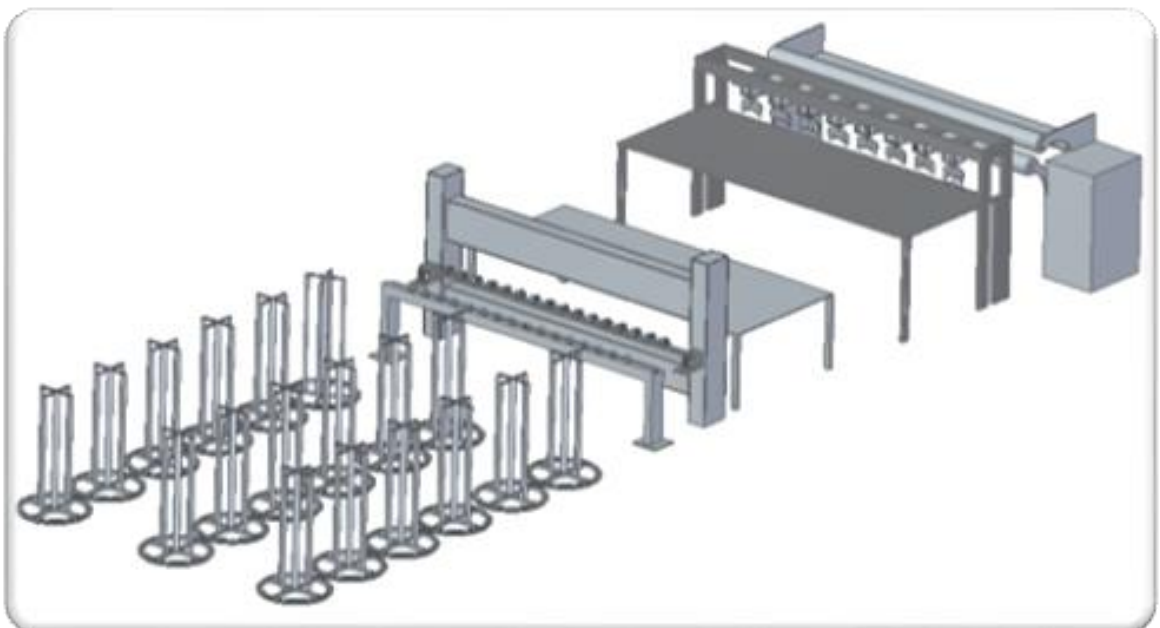
Para las válvulas de los sistemas de corte y guías se hará uso del catálogo de Festo, donde encontramos la válvula CPE, la cual es una válvula de 14 mm de ancho, la cual maneja una conexión neumática de G1/8, utilizada en los cilindros neumáticos presentados, la conexión eléctrica de la válvula es de 24V DC.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, con respecto a las conexiones neumáticas se utilizarán mangueras neumáticas del tamaño adecuado para la misma conexión.

El listado de instrucciones se podrá encontrar en los anexos del documento, en donde encontramos los sensores correspondientes de los cilindros neumáticos, como los solenoides necesarios para la activación de las válvulas de los sistemas.

5.5 MODELAMIENTO EN CONJUNTO

Imagen 121. Modelamiento del conjunto



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

6. ELABORAR LOS MANUALES DE INSTALACIÓN, SEGURIDAD, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA SECCIÓN DE GUÍAS Y CORTE DE LA MÁQUINA DE MALLA ELECTROSOLDADA

En este objetivo se van a desarrollar los manuales de instalación, seguridad, operación y mantenimiento tanto para la sección de guías como las de corte. El desarrollo se va a dividir en las secciones, y en el orden siguiente:

6.1 MANUALES DE LA SECCIÓN DE GUÍAS

Para el presente capítulo, se realizarán los respectivos manuales, tanto de instalación, operación, seguridad y mantenimiento, en los cuales hallaremos puntos determinantes para realizar con calidad cada una de las actividades en el sistema.

Como punto inicial, se explica el proceso que debe realizar el sistema implementado, para de esta manera tener claros los diferentes sistemas que encontramos en la sección de guías, además de esto, se determinan los componentes que realizan el proceso del sistema de guías en la máquina de malla electrosoldada.

El sistema con respecto a su funcionamiento, da inicio con la inserción de los alambres en la carcasa de alimentación de alambre, en donde se realiza la ubicación y desenredado de el alambre, como punto siguiente, al haber realizado la respectiva soldadura, unas uñas de arrastre, toman la malla y realizan el halado de la misma, justo en el momento en que la uña va a tomar el alambre, el sistema neumático eleva las guías, para de esta manera evitar que haya rozamiento entre ellas, finalmente, al haber realizado el arrastre, las guías vuelven a su posición inicial y de esta manera se realiza el proceso cíclicamente.

6.1.1 Elaboración del manual de instalación. Al haber realizado el respectivo diseño, se debe plantear su instalación, ya que también es de alta importancia al momento de lograr la calidad necesaria y lo planteado en el diseño correctamente, para lograr esto, se nombran los sistemas que lo componen para después con mayor facilidad entender su ubicación y por ende su forma de instalar.

Los sistemas que componen el sistema de guías son:

- Estructura de soporte
- Sistema neumático
- Carcasas de alimentación

El sistema estructural de soporte se compone de los siguientes componentes:

- **Viga de soporte de guías**

La función de la viga es mantener en pie de manera estructural las carcasas de alimentación (Figura 3)

- **Placa de soporte**

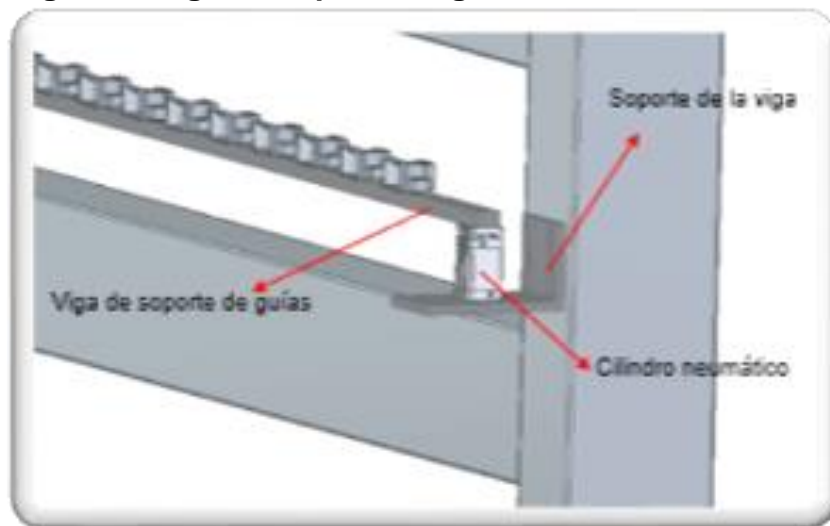
Esta placa tiene como función, soportar la viga y por tanto las cargas ejercidas sobre la viga de soporte. (Figura 3)

El sistema neumático se compone de los siguientes componentes:

- **ADNGF-40-50-PPS-A**

Es un cilindro neumático doble efecto, el cual cuenta con un émbolo de 40 milímetros de diámetro, 50 milímetros de carrera y con amortiguamiento neumático regulable en ambas posiciones. (Figura 3)

Figura 3. Viga de soporte de guías



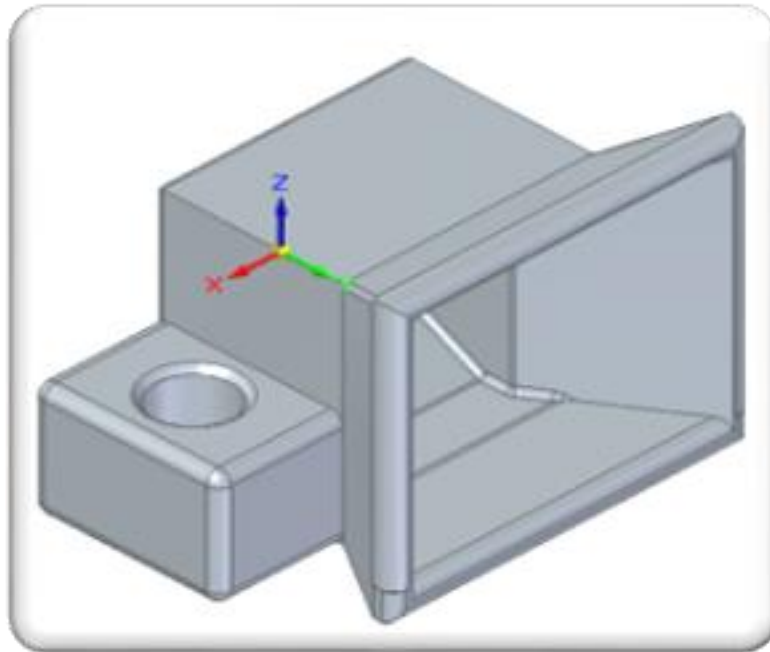
Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

El sistema de carcasas se compone de los siguientes componentes:

- **Carcasa de alimentación**

El funcionamiento de la carcasa de alimentación es ubicar de la mejor manera el alambre de alimentación de la máquina

Imagen 122. Carcasa de alimentación

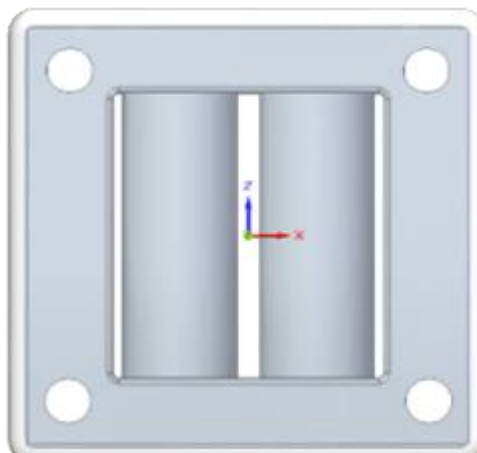


Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

- **Carcasa de rodillos**

El funcionamiento de este es realizar la ubicación de manera horizontal de los alambres, además funciona como enderezador del alambre

Imagen 123. Carcasa de rodillos



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Instalación

Recepción e inspección de las partes

Al dar inicio a la instalación, se recomienda realizar la inspección de las partes, contemplando parámetros como longitudes, diámetros y buen aspecto físico de las mismas.

Imagen 124. Inspeccionar



Fuente: DEPOSIT PHOTOS.
[En Línea]. [Consultado: 28 de
abril del 2020] Disponible:
<https://sp.depositphotos.com/stock-photos/inspeccionar.html>

Instrucciones de instalación

Para el buen funcionamiento del sistema, es recomendable comprobar que el sistema sea instalado con calidad, identificando variables como ángulos, cotas y espacio físico de ubicación, en donde entenderemos que una buena instalación sostendrá que el equipo mantenga la calidad necesaria para el correcto funcionamiento y por tanto buenas prestaciones a la hora de realizar el proceso.

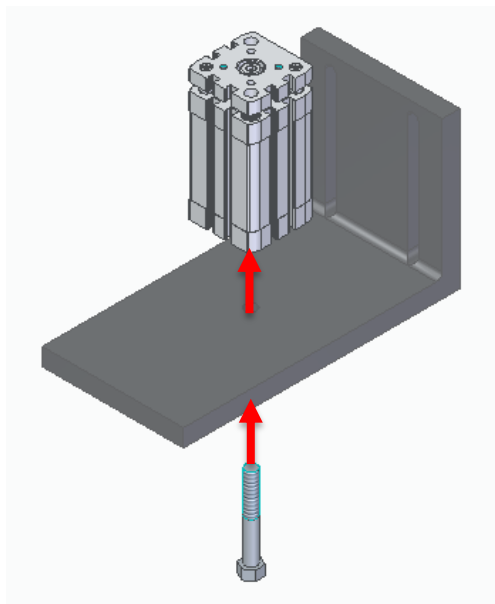
- **Alineación de las guías y soldadura**

Es necesario tener en cuenta que la prioridad de que las guías iniciales, las guías neumáticas y la ubicación de la soldadura estén alineados, ya que, de no ser así, se puede presentar dobleces en el alambre que puede perjudicar el proceso.

Sistema neumático

- A partir de los tornillos M10 unir la placa de soporte al cilindro neumático por la parte inferior del cilindro, para formar una el conjunto como se aprecia en la imagen 123.

Imagen 125. Unión placa de soporte

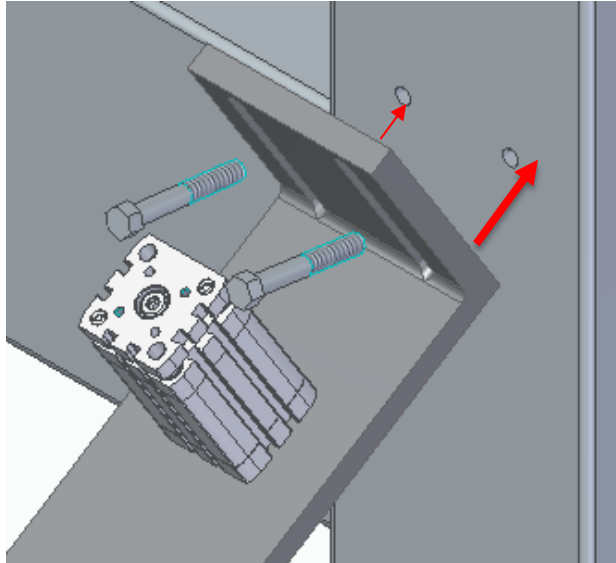


Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Conjunto estructural

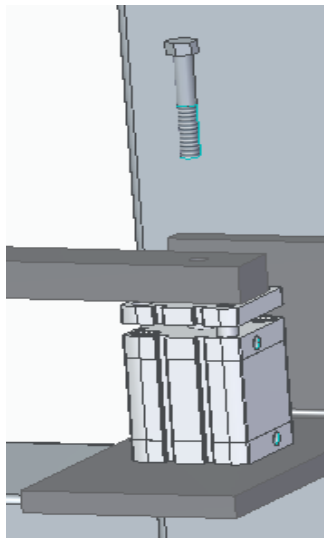
- Se realiza el taladrado de la estructura de apoyo para la placa
- Unir el conjunto placa-cilindro a la estructura de apoyo y a partir del perno M10 unir las piezas
- Con los tornillos M10 unir el vástago del cilindro al sistema de guías de tal manera en que quede como se muestra en la imagen 126

Imagen 126. Unión placa cilindro



Fuente: elaboración propia, con base a Solid Edge

Imagen 127. Asegurar cilindros



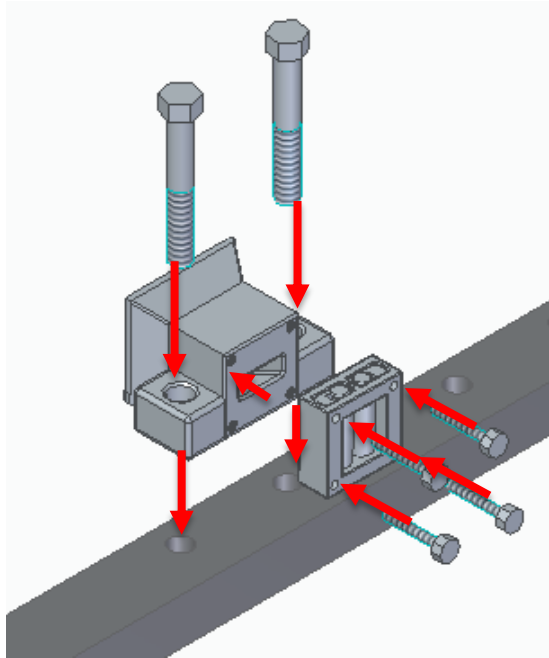
Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Carcasas de alimentación de alambre

- Las carcasas de alimentación se ubican de manera transversal a la viga, permitiendo que los agujeros de la viga queden alineados con la carcasa

- Con los pernos M10, fijar la carcasa de alimentación a la viga
- Ubicar la carcasa de rodillos al final de la carcasa de alimentación alineando los ejes entre sí para fijarlos con los tornillos M4

Imagen 128. Asegurar carcadas



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

CONEXIÓN NEUMÁTICA

- Medir la distancia de la salida de la línea del aire al extremo más cercano, para cortar el primer segmento de la manguera (Imagen 128). Para especificaciones para la manipulación de la manguera revisar el anexo AC.
- Apoyar la unidad de mantenimiento para conectarla posteriormente con la manguera (Imagen 127). Para especificaciones para la manipulación de la unidad de mantenimiento revisar el anexo AD.
- Conectar las mangueras entre la salida de la unidad de mantenimiento a la entrada de la válvula de 5/2 biestable (Imagen 129). Para especificaciones para la manipulación de la válvula revisar el anexo AE.
- Ubicar las “T” neumáticas de tal manera que queden 2 en las partes superiores de los cilindros (Imagen 130)
- Realizar mediciones y cortes correspondientes de tal manera que se unan consecutivamente desde la salida de la válvula de control hasta el cilindro más

lejano a las mismas. Dejando dos líneas, una de salida y una de entrada del aire a los cilindros. Para especificaciones para la manipulación de los cilindros revisar el anexo AB.

Imagen 129. Unidad de mantenimiento tipo d



Fuente. ICOH.[En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible:<http://icohhn.com/producto/f-r-l-unidad-de-mantenimiento-serie-lfc-dos-cuer-ich-02553868/>

Imagen 130. Manguera Pun 6mm



Fuente: INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S. [En Línea]
[Consultado:18 de abril del 2020]. Disponible <https://www.industriasasociadas.com/producto/manguera-neumatica-pun/>

Imagen 131. Válvula biestable 5/2



Fuente. FESTO [En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/valvula-biestable-de-5-2-vias_defectuosa.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDk4

Imagen 132. Uniones en T



Fuente. FESTO [En Linea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/accesorios/neumatica/conector-en-t-racor-rapido-quick-star.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41OTAuMzg3Ng>

6.1.2 Elaboración del manual de Operación. Para dar inicio con el manual de operación, es de vital importancia el conocimiento previo de los componentes a los cuales va a intervenir, para de esta manera entender la función de cada uno en el proceso, de la misma manera, hacer uso de los elementos de seguridad correspondientes y tenga la debida capacitación del uso de la máquina como se presentará a continuación

Antes de dar inicio a la máquina, se requiere hacer la entrega del reporte preoperacional al siguiente trabajador con la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 56. Tabla del Reporte preoperacional

REPORTE PREOPERACIONAL																		
Tarea de inspección	Parada 1			Parada 2			Parada 3			Parada 4			Parada 5			Parada 6		
	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M
Asegurarse que no haya ningún obstáculo que pueda afectar el funcionamiento																		
Revisar conexiones eléctricas																		
Revisar posibles fugas de aire																		
Inspección visual de la estructura																		
Revisar estados de tornillería y soldadura																		
Verificar estado de las carcasas guías																		
Inspeccionar estado de la viga																		
Movimientos ajenos al funcionamiento antes de la parada																		
Sonidos ajenos al funcionamiento antes de la parada																		
0:00:00	Horómetro		Inicio:															
			Final:															
B	Esta en óptimas condiciones																	
R	De ser posible realizar ajustes																	
M	Inhabilita el equipo para operar																	
OBSERVACIONES																		

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Encendido

Hay que tener en cuenta que la maquina elabora mallas de 3 diámetros de alambres diferentes, los cuales son de 3 mm, 3.5 mm y 4mm. Es necesario realizar la configuración correspondiente para el espesor requerido.

- Completar el llenado del reporte preoperacional
- Ubicar el los botones de mando (Imagen 131)
- Encender el interruptor, el cual es el que inicia el proceso
- Oprima el botón de emergencia, en caso de necesidad de parar el proceso
- Desactive el interruptor, al saber que va a ser el último rollo que se va a hacer

Imagen 133. Botones de mando



Fuente: FREEPIK. [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020]
 Disponible: https://www.freepik.es/fotos-premium/panel-control-maquina-arranque-parada-trabajo-fabrica-industrial_4558548.htm

Puesta en marcha en frio

- Probar el sistema sin material durante uno o dos minutos, mientras esto suceda, revise si hay movimientos o ruidos anormales
- Apagar el sistema y revise que los pistones queden en la posición correcta. Si no están adecuadamente reacomodarlos botón reseteo
- Volver a probar el sistema y si al momento de realizar la parada queda otra vez en posición errónea, realizar los procedimientos las veces que sean necesarias

Instrucciones de operaciones

Es de gran importancia mantener los alrededores del sistema incluyendo cableados, señales o elementos obsoletos que no sean necesarios con el sistema. Asegurarse que se pone en marcha en la secuencia adecuada de los otros sistemas. Antes de iniciarlo se debe llenar el reporte preoperacional y si hay alguna otra anomalía anotarlas en observaciones.

No se debe permitir que ninguna persona manipule la máquina, sin la protección adecuada. Asegurarse que los cilindros trabajen sincrónicamente.

Si presenta una desincronización:

- Revisar si no hay fugas de aire
- Resetear el cilindro
- Reiniciar el sistema de corte

Tomar y registrar la corriente consumida por el equipo, es indispensable comparar el valor con el de la corriente nominal ya que permite verificar un funcionamiento normal si el amperaje es el indicado; o algún problema de operación si este valor está por encima de lo esperado.

Bloqueo eléctrico

- Detenga la alimentación y observe que no queden alambres
- Pare el sistema y corte el suministro de energía, haciendo imposible el funcionamiento de este mientras se encuentre inhabilitado.

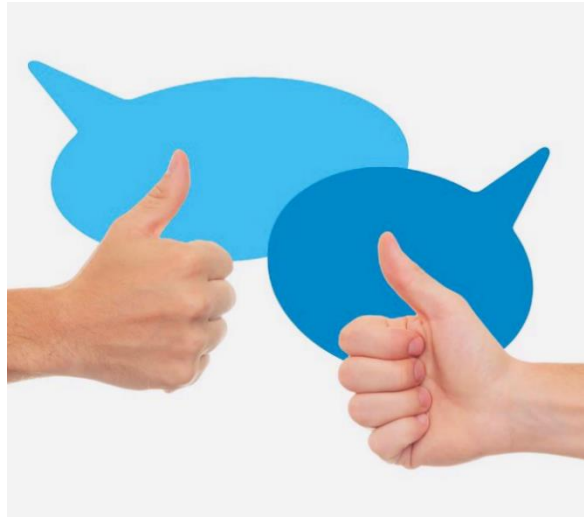
El bloqueo eléctrico es indispensable en la verificación de las piezas antes de operar.

6.1.3 Elaboración del manual de seguridad.

Recomendaciones para el operador

Se recomienda que el equipo sea operado exclusivamente por personal capacitado. La información que se presenta en este documento se recomienda seguir al pie de la letra por seguridad del operario, trabajo adecuado del sistema y vida útil del mismo.

Imagen 134. Recomendaciones



Fuente: DOSIS DE PSICOLOGÍA .
[En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del
2020] Disponible: <https://dosis-de-psicologia.blogspot.com/2018/08/como-aconsejar-alguien.html>

Seguridad personal

La parte más importante de la seguridad es que el operario encargado del sistema debe conocer a plenitud la máquina, haber leído apropiadamente el manual y seguir las recomendaciones de seguridad antes de realizar cualquier ajuste, operación o mantenimiento.

- Utilizar los elementos de protección personal adecuados, siempre que se encuentre cerca

Imagen 135. Epp's



Fuente: MOVITECNICA . [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://movitecnica.com.pe/blog/epps-vital-importancia-trabajo/>

- Bloquear y etiquetar todas las fuentes de energía involucradas antes de realizar cualquier mantenimiento o ajuste

Imagen 136. Etiquetación de fuentes de energía



Fuente: LAN PREFORMACION [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://www.lanpreformacion.com/bloqueo-de-energias/>

- Imposibilitar el arranque del equipo mientras se esté realizando mantenimiento o algún tipo de ajuste en el sistema

Imagen 137. Evitar arranque de la maquina



Fuente: BAROIG [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://baroig.com/soluciones/sistemas-de-bloqueo-de-pulsadores-y-interruptores/>

- No utilice ropa suelta, cabello suelto, joyas, bolsillos llenos con herramientas u otros objetos que pueda quedarse atrapado en el sistema

Imagen 138. Señal de peligro



Fuente: SIMOTIVA [En Línea].
[Consultado: 2 de mayo del 2020]
Disponible:
<https://simotiva.com/product/b-24-peligro-no-usar-ropa-suelta/>

- No intervenga el sistema mientras este en uso

Imagen 139. Evitar uso



Fuente: MARTA MORALES CASTILLO [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible:
<https://martamoralescastillo.wordpress.com/2015/02/17/como-no-usar-las-tarjetas-de-visita/>

Lo más importante es conocer el sistema, las condiciones bajo las cuales se trabaja y lo que es capaz de hacer

SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO

Es necesario tener un ambiente de trabajo limpio y despejado. Se proporcionará recomendaciones que deben ser seguidas prolijamente:

- Mantener limpios, despejados y demarcados los espacios de trabajo
- Asegurarse que todo el equipo eléctrico esté conectado correctamente
- Conocer la ubicación de los extintores y equipos que controlen posibles incendios

Imagen 140. Extintores



Fuente: SECURE WEEK [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://www.secureweek.com/tipos-de-extintores-de-incendio/>

- Estar alerta ante cualquier anomalía o situación ajena al normal funcionamiento del equipo
- Tener un botiquín de primeros auxilios a la mano, y saber cómo utilizarlo

Imagen 141. Botiquín



Fuente: 123RF [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020]
Disponible: https://es.123rf.com/photo_87994024_botiqu%C3%ADn-de-primeros-auxilios-con-equipos-m%C3%A9dicos-y-medicamentos.html

6.1.4 Elaboración del manual de Mantenimiento.

- **Mantenimiento**

Es importante que el mantenimiento del sistema sea efectuado por personal competente, que cuenten con el equipo y herramientas adecuadas para cada trabajo, ajuste o intervención que se le haga al equipo. El mantenimiento necesita atención especial y un buen plan de trabajo con el fin de minimizar costos de reemplazo y reparación.

Recomendaciones a tener en cuenta:

- ✓ El cambio de las carcasas está ligado a las condiciones de operación, destinadas por el operario
- ✓ Antes de proceder con cualquier chequeo o mantenimiento asegúrese que la maquina este completamente parada, el motor se halla apagado y el bloqueo eléctrico se halla establecido.

En la tabla 57, se va a presentar la ruta de mantenimiento adecuada para el sistema:

Tabla 57. Ruta de mantenimiento

Sistema	Frecuencia Actividad	Diaria	Semanal	A criterio	A tener en cuenta
Estructura	Asegurar que las uniones soldadas estén en buen estado			X	Mal estado de soldaduras a causa de vibraciones
	Asegurar que las uniones atornilladas estén en buen estado		x		Tornillería desajustada a causa de vibraciones
	Revisar que no halla corrosión en la estructura			x	Agrietamiento en la pintura
	Cerciorarse del buen estado de las vigas		x		Esfuerzos ejercidos por la fuerza de corte
	Verificación del estado de la base			x(Mensual)	El estado del nivel del piso
Cuchillas	Revision del filo de la cuchilla	X(6 meses en adelante)	X(de 3 a 6 meses)	X(cada mes los primeros 3 meses)	Por el uso consecutivo

Tabla 57. (Continuación)

	Inspeccionar posible corrosión		x		Por el aire o los gases originados por la soldadura
	Cambio de las cuchillas			X(Después de realizarle el afilado después de 12 afiliaciones)	Por el uso de la cuchilla por varios tiempos
	Asegurar que no halla secciones desportilladas o con presentación de grietas	x			Desajuste en el juego del cizallado, por la fuerza y cantidad de golpes que resiste la cuchilla
	Asegurar que las uniones atornilladas estén en buen estado		x		Tornillería desajustada a causa de vibraciones
Sistema electro-neumático	Revisar la conexión neumática	x			Posibles fugas en uniones y mangueras
	Revisar la conexión eléctrica	x			Cables sueltos y/o altas y bajas en la tensión

Tabla 57.(Continuación)

	Inspeccionar posible presentación de grietas del sujetador		x		Por la fuerza y cantidad de golpes que resiste la cuchilla y se transmiten al sujetador
	Seguimiento del estado de los pasadores			x (mensual)	Esfuerzos ejercidos por la fuerza de corte
	Revisar estado superficial del sujetador			x (mensual)	Agrietamiento en la pintura
	Revisar manómetros	x			Presión incorrecta del compresor
OBSERVACIONES DEL ENCARGADO DE LOS EQUIPOS					

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Listado mínimo de repuestos

Para la estructura, en el caso de mantenimiento la reparación se puede dar, soldando de nuevo o con piezas añadidas a la misma, sin embargo, es necesario el reemplazo total de la pieza, además se recomienda tener en inventario por lo menos una pieza de cada sección de la estructura.

La tabla 58 enumerara los repuestos mínimos necesarios.

Tabla 58. Repuestos mínimos de la sección de corte

LISTADO DE REPUESTOS	
NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
CARCASA DE ALIMENTACIÓN	2
CARCASA DE RODILLOS	2
PLACA DE SOPORTE	1
VIGA DE SOPORTE DE GUÍAS	1
TORNILLOS M10	8

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Recomendación herramental

A la hora de preservar el sistema, se debe tener un equipo apropiado de herramientas que permita llevar a cabo cualquier reparación. La carencia de estas herramientas retrasará los tiempos de reparación, mantenimiento o ajuste.

- Juego de llaves métricas
- Juego de copas métricas
- Torquímetro

Torque y tornillería

Los tornillos del sistema han sido escogidos teniendo en cuenta los requerimientos que mostro, tanto la estructura como las necesidades neumáticas. Por lo que se recomendaran indicaciones que se deben tener en cuenta a la hora de manipular la tornillería:

- Si debe realizar el cambio de algún tornillo, se debe realizar por uno de la misma referencia, o en algún caso de misma resistencia. El utilizar diferentes por precio, puede llevar a que se produzcan perdidas tanto económicas como humanas, aparte de paradas imprevistas.
- Los tornillos se deben ensamblar con el torque adecuado, para que genere una precarga correcta.
- Si la precarga aplicada por el torque es baja, ocasiona que la unión roscada quede floja, puede causar fluctuaciones de esfuerzo.
- Si la precarga aplicada por el torque es alta, puede originar fracturas o deformación plástica en el elemento, evitando que ejerza la fuerza de sujeción adecuada.

- Los tornillos se deben apretar después de las primeras 50 horas de uso, con sus valores iniciales. Posteriormente se debe apretar a consideración del encargado.

En la tabla 59 se indican los valores de torque necesario dependiendo de la tornillería

Tabla 59. Tabla de torques

Diámetro Tornillo	Grado o Clase				
	Torque de apriete máximo (Nm)				
	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M4	1.02	1.37	3	4.4	5
M5	2	2.7	5.9	8.7	10
M6	3.5	4.6	10	15	18
M8	8.4	11	25	36	43
M10	17	22	49	72	84
M12	29	39	85	125	145
M14	46	62	135	200	235
M16	71	95	210	310	365
M18	97	130	300	430	500
M20	138	184	425	610	710
M22	186	250	580	820	960
M24	235	315	730	1,050	1,220
M27	350	470	1,100	1,550	1,800
M30	475	3635	1,450	2,100	2,450
M33	645	8865	1,970	2,770	3,330
M36	830	1,111	2,530	3,560	4,280

Fuente: REDICA [En Línea]. [Consultado: 12 de mayo del 2020] Disponible: redica.com.co/tabla-de-torques.html

6.2 MANUALES DE LA SECCIÓN DE CORTE

Esta sección es la encargada de separar los rollos de la malla electro-soldada, cuando cumplen la longitud requerida. El sistema utilizado es un conjunto de cizallas neumáticas que cortan 2 alambres al mismo tiempo; cuenta con una cuchilla superior inclinada que es móvil y una fija en la parte inferior, funciona con 8 cilindros que ejercen la fuerza para corte y su respectiva estructura.

Para que esta sección cumpla con su objetivo tiene que tener una adecuada instalación, su manera de operar debe ser optima, los operarios que intervienen en su proceso deben tener adecuada normas de seguridad y preservarse con un correcto manual de mantenimiento.

6.2.1 Elaboración del manual de instalación. Este sistema cuenta con 3 componentes importantes los cuales son:

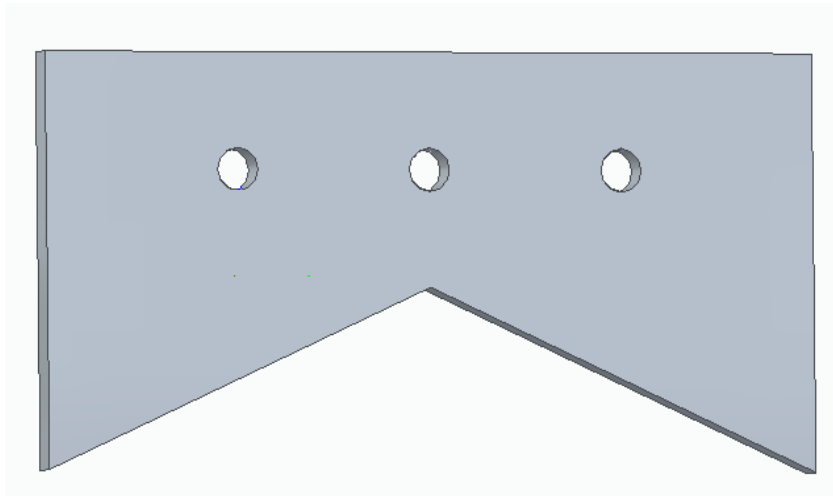
- Cizallado
- Neumático
- Estructural

El sistema de cizallado este compuesto por:

- **Cuchilla móvil**

Esta cuchilla ejerce toda la fuerza de corte generada por el embolo, y la aplica sobre los alambres.

Imagen 142. Cuchilla móvil

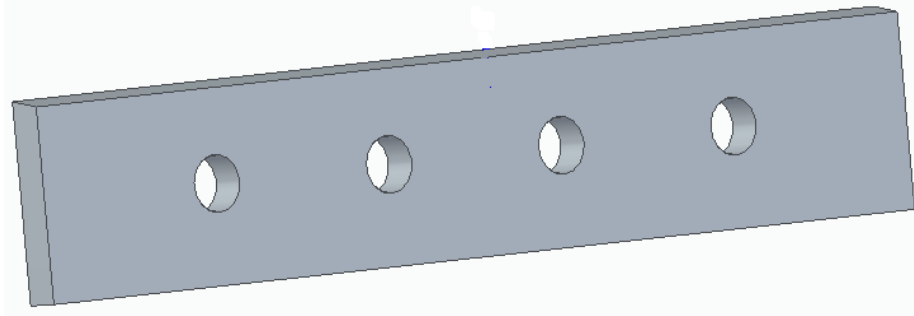


Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

- **Cuchilla Fija**

Esta cuchilla se ubica en la parte inferior, recibe la fuerza aplicada al alambre y está sujeta a la estructura

Imagen 143. Cuchilla fija



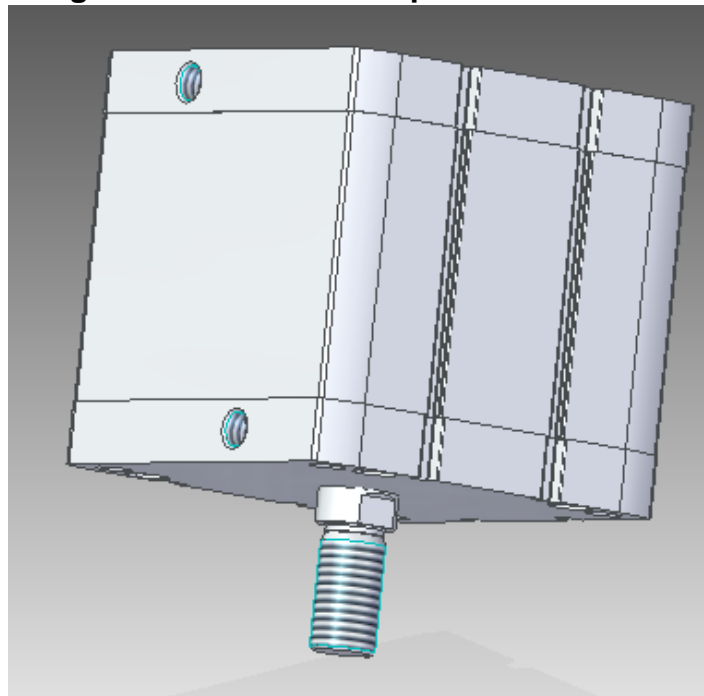
Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

El sistema neumático este compuesto de :

- **Cilindro compacto 125-50-A-P-A**

Esta encargado de ejercer la fuerza en la cuchilla para que realice el corte

Imagen 144. Cilindro compacto

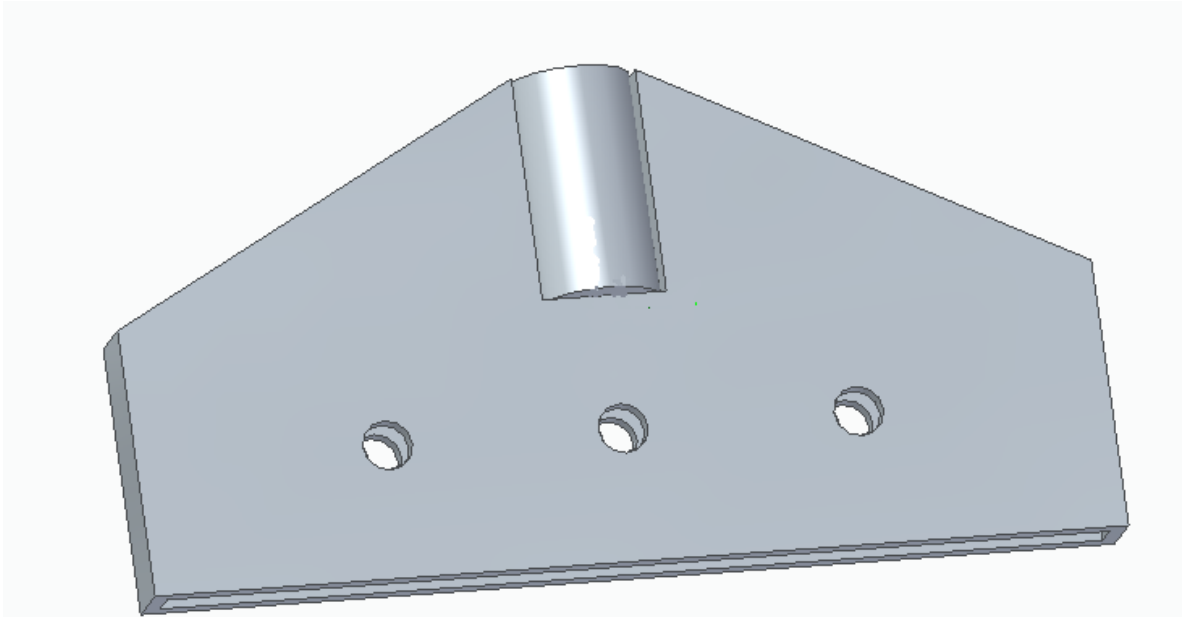


Fuente: elaboración propia, con base a SOLID EDGE

- **Sujetador**

Es el encargado de transmitir la fuerza ejercida por el embolo a la cuchilla, para realizar el corte

Imagen 145. Sujetador de cuchilla



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Instalación

RECEPCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS PARTES

Antes de empezar el proceso de instalación, se debe controlar minuciosamente, que las partes cumpla las condiciones adecuadas en cuanto a las dimensiones, basándose en los planos de las piezas que están en los anexos y controlando que las piezas estén en buen estado.

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

Una buena instalación es esencial para obtener una mayor vida útil y un desempeño adecuado del equipo; reduciendo en gran medida problemas de mantenimientos futuros. Se debe seguir todas y cada una de las instrucciones, para que no exista ningún problema al momento de poner a funcionar el sistema. El sistema neumático y los componentes de cizallados deben estar instalados adecuadamente con la estructura y a su vez esta debe estar en una superficie estable y alineada; asegurando su estabilidad durante la operación .

Nivelación

En el lugar de instalación, se debe cerciorarse que la superficie este nivelada. Posteriormente de esta verificación, es importante que la estructura a medida que se vaya armando revisarla constantemente para que quede equilibrada mediante el uso del nivel

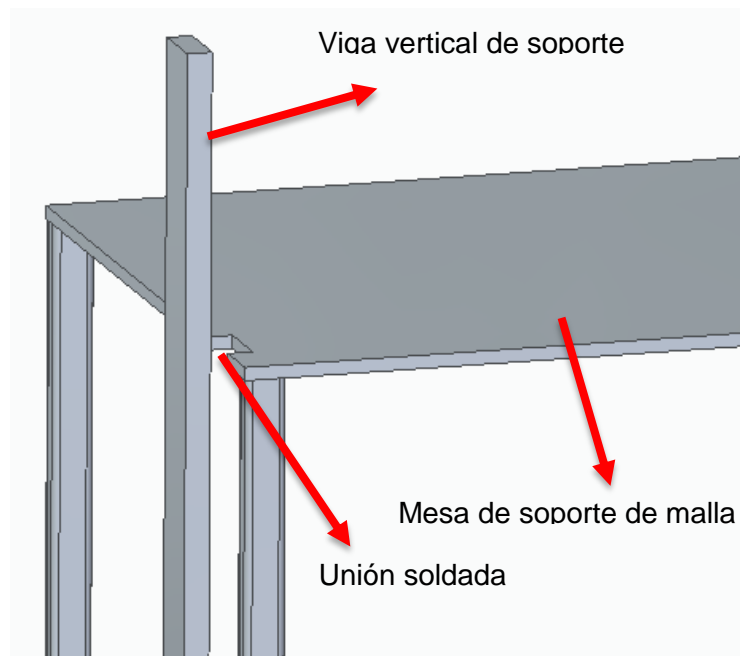
¡Aviso!

La superficie donde se va a instalar el sistema de corte debe estar nivelada, para obtener un proceso adecuado

Conjunto estructural

- A partir de soldadura MIG ya calculada anteriormente, se unen la viga vertical de soporte con la mesa de soporte de malla como se muestra en la imagen 146.

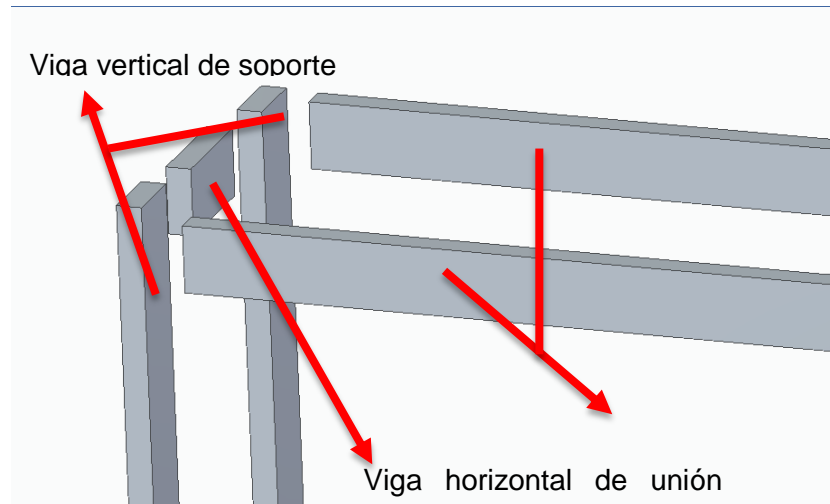
Imagen 146. Instalación mesa-viga vertical



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

- Se procede a unir la viga de horizontal de soporte, la viga horizontal de unión y la viga vertical de soporte como se muestra en la imagen145.
- Realizar el paso anterior, pero con el extremo opuesto de la viga horizontal de soporte

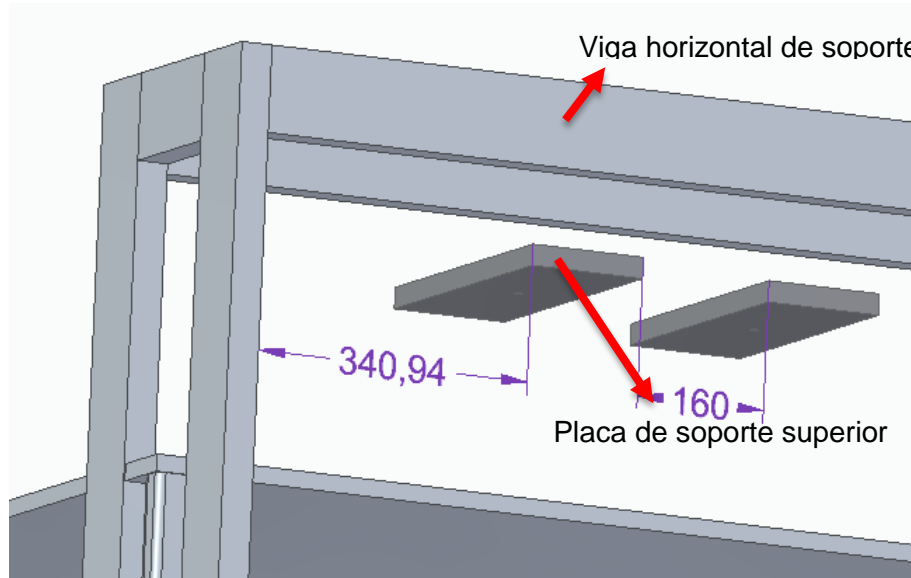
Imagen 145. Instalación vigas verticales y horizontales



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

- Finalmente se une la placa de soporte superior a la viga horizontal de soporte como se aprecia en la imagen 146

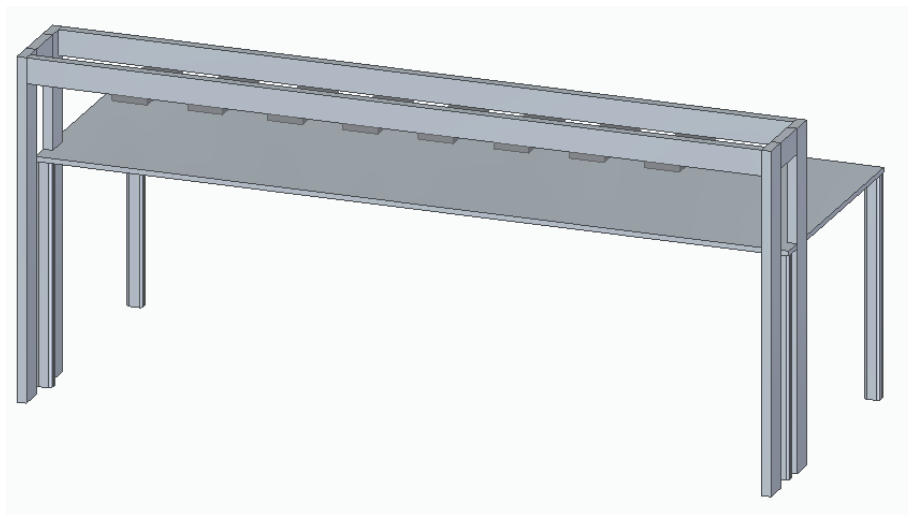
Imagen 148. Instalación vigas horizontales y placa de soporte superior



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

A continuación, en la imagen 147, se presenta el conjunto ya soldado de la estructura del sistema de corte.

Imagen 147. Instalación completa de la estructura para sistema de corte



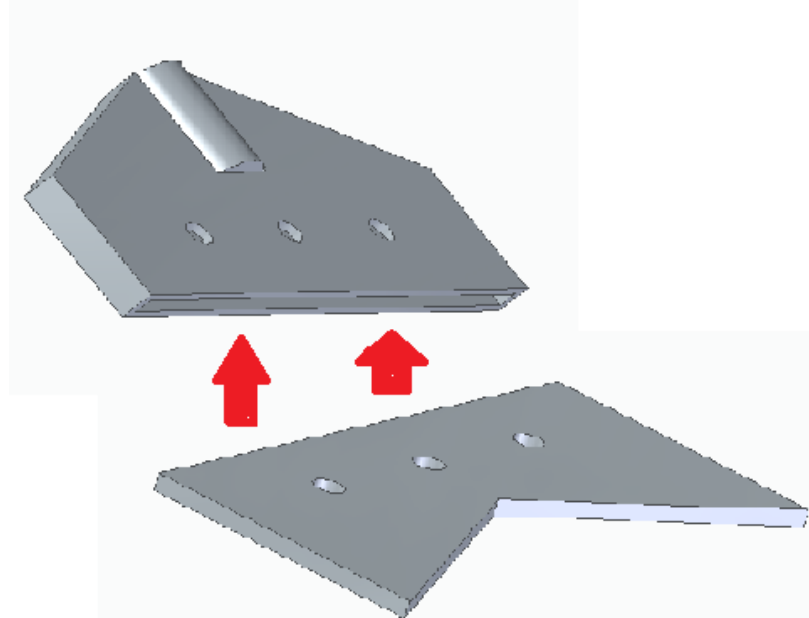
Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

CONJUNTO DE CUCHILLAS SUPERIORES

- Introducir la cuchilla móvil dentro del sujetador (Imagen 148)

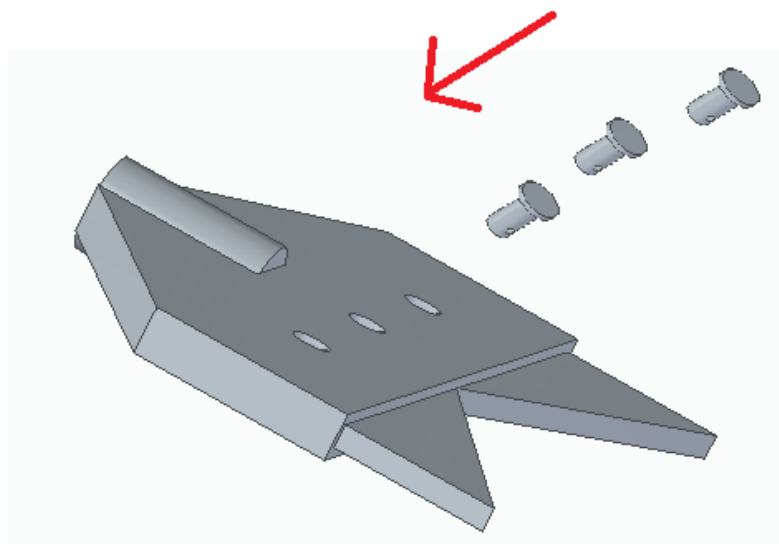
- Posteriormente colocaremos los pasadores en los agujeros que concuerdan entre la cuchilla y el sujetador (Imagen 149)
- Asegurar la unión con el Pin R (Imagen 150)
- Repetir el procedimiento con las 7 cuchillas restantes

Imagen 148. Instalación conjunta de cuchillas superiores



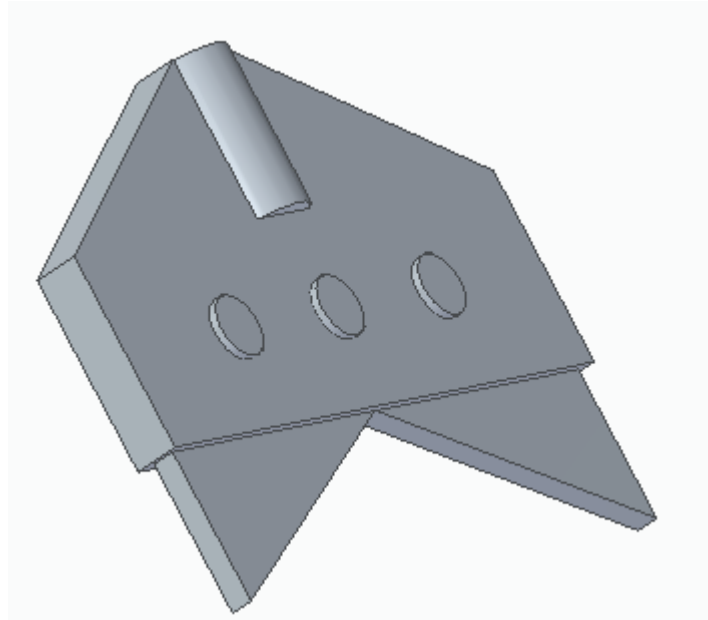
Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Imagen 149. Instalación conjunta de cuchillas superiores



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Imagen 150. INSTALACIÓN conjunta de cuchillas superiores

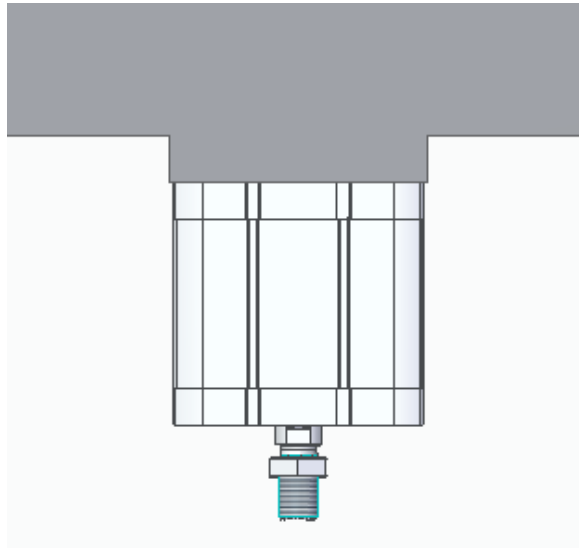


Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

CONJUNTO DE ACTUADORES Y CUCHILLAS SUPERIORES

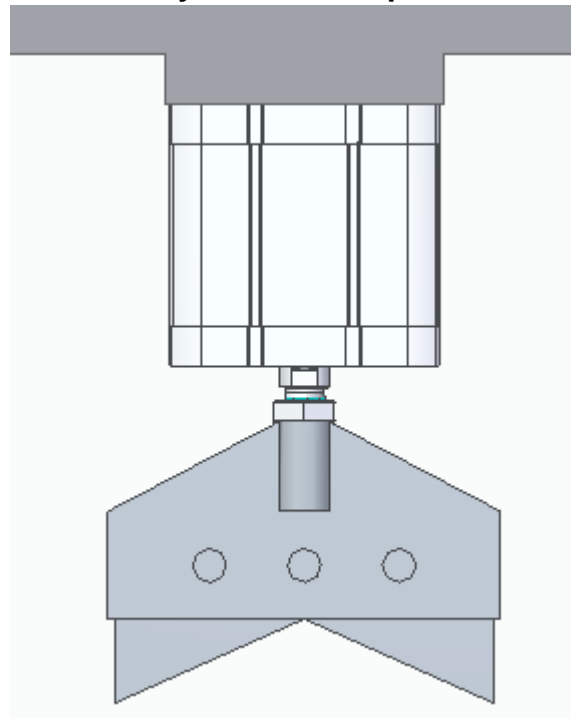
- Instalar el cilindro compacto en la viga superior de la estructura superior (Imagen 151)
- Enroscar el conjunto de las cuchillas superiores con la sección roscada del vástago (Imagen 152)
- Repetir el paso 1 y con el 2 con los otros 7 pares de componentes

Imagen 151. Instalación conjunta de actuadores y cuchillas superiores



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Imagen 152. Instalación conjunta de actuadores y cuchillas superiores



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

CONJUNTO DE CUCHILLAS INFERIORES

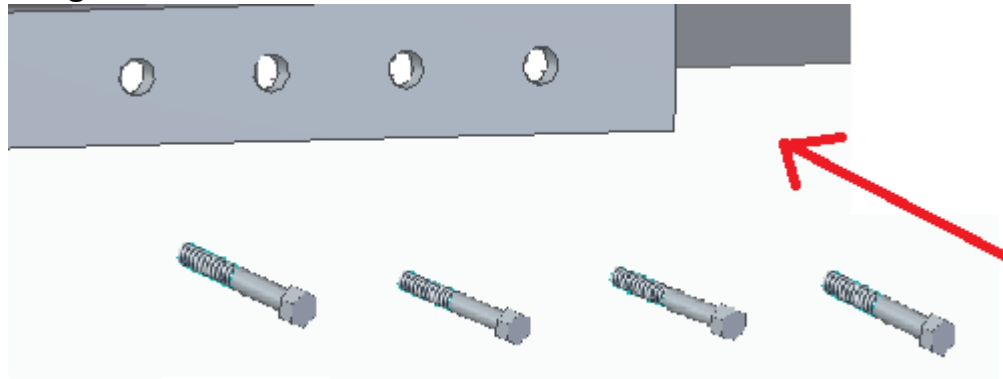
- Alinear los orificios de las cuchillas fijas con los de la viga horizontal inferior (Imagen 153)
- Asegurarlas con la tornillería (Imagen 154)

Imagen 153. Instalación de cuchillas inferiores



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

Imagen 154. Instalación de cuchillas inferiores



Fuente: elaboración propia, con base a programa SOLID EDGE

CONEXIÓN NEUMÁTICA

- Medir la distancia de la salida de la línea del aire al extremo más cercano, para cortar el primer segmento de la manguera (Imagen 156)
- Apoyar la unidad de mantenimiento para conectarla posteriormente con la manguera (Imagen 155)
- Conectar el extremo de la unidad de mantenimiento al extremo de la válvula 5/2 Biestable (Imagen 157)
- Ubicar las "T" neumáticas de tal manera que queden 2 en las partes superiores de los cilindros (Imagen 158)
- Realizar mediciones y cortes correspondientes de tal manera que se unan consecutivamente desde la salida de la válvula de control hasta el cilindro más

lejano a las mismas. Dejando dos líneas, una de salida y una de entrada del aire a los cilindros

Imagen 155. Unidad de mantenimiento tipo d



Fuente. ICOH.[En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible:<http://icohhn.com/producto/f-r-l-unidad-de-mantenimiento-serie-lfc-dos-cuer-ich-02553868/>

Imagen 156. Manguera Pun 6mm



Fuente: INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S. [En Línea] [Consultado:18 de abril del 2020]. Disponible <https://www.industriasociadas.com/producto/manguera-neumatica-pun/>

Imagen 157. Válvula biestable 5/2



Fuente. FESTO [En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/v-alvula-biestable-de-5-2-vias_defectuosa.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDk4

Imagen 158. Uniones en T



Fuente. Festo [En Línea].
[Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/accesorios/neumatica/connector-en-t-racor-rapido-quick-star.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41OTAuMzg3Ng>

6.2.2 Elaboración del manual de Operación. Es indispensable que en la operación se realice con personal que este previamente capacitado sobre el funcionamiento del sistema, debe conocer y estar familiarizado con los componentes de la sección, que disponga los elementos de protección necesarios, para así garantizar su propia seguridad y trabaje el sistema de manera adecuada.

Es indispensable que antes de ponerlo en marcha en frío, entregar el reporte preoperacional al siguiente trabajador

Tabla 60. Tabla de reporte preoperacional

REPORTE PREOPERACIONAL																		
Tarea de inspección	Parada 1			Parada 2			Parada 3			Parada 4			Parada 5			Parada 6		
	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M
Asegurarse que no haya ningún obstáculo que pueda afectar el funcionamiento																		
Revisar conexiones eléctricas																		
Revisar posibles fugas de aire																		
Inspección visual de la estructura																		
Revisar estados de tornillería y soldadura																		
Verificar el estado del sujetador																		
Inspeccionar estado de las cuchillas																		
Movimientos ajenos al funcionamiento antes de la parada																		
Sonidos ajenos al funcionamiento antes de la parada																		
0:00:00	Horómetro		Inicio:															
			Final:															
B	Esta en óptimas condiciones																	
R	De ser posible realizar ajustes																	
M	Inhabilita el equipo para operar																	
OBSERVACIONES																		

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Debido a que es un sistema, el proceso de encendido , está limitado directamente al de las demás componentes, al ser el tercer sistema en el orden debe esperar que los carretes estén cargados por el alambre; después el sistema de guías esté en funcionamiento y posteriormente se puede empezar la operación.

Encendido

Hay que tener en cuenta que la maquina elabora mallas de 3 diámetros de alambres diferentes, los cuales son de 3 mm, 3.5 mm y 4mm. Es necesario realizar la configuración correspondiente para el espesor requerido.

- Completar el llenado del reporte preoperacional
- Ubicar los botones de mando (Imagen 167)
- Encender el interruptor, el cual es el que inicia el proceso
- Oprima el botón de emergencia, en caso de necesidad de parar el proceso
- Desactive el interruptor, al saber que va a ser el último rollo que se va a hacer

Imagen 167. Botón de mando



Fuente: FREEPIK. [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: https://www.freepik.es/fotos-premium/panel-control-maquina-arranque-parada-trabajo-fabrica-industrial_4558548.htm

PUESTA EN MARCHA EN FRIO

- Probar el sistema sin material durante uno o dos minutos, mientras esto suceda, revise si hay movimientos o ruidos anormales
- Apagar el sistema y revise que los pistones queden en la posición correcta. Si no están adecuadamente recomendarlos con el botón de despresurización

- Volver a probar el sistema y si al momento de realizar la parada queda otra vez en posición errónea , realizar los procedimientos las veces que sean necesarias

INSTRUCCIONES DE OPERACIONES

Es de gran importancia mantener los alrededores del sistema incluyendo cableados, señales o elementos obsoletos que no sean necesarios con el sistema. Asegurarse que se pone en marcha en la secuencia adecuada de los otros sistemas. Antes de iniciarlo se debe llenar el reporte preoperacional y si hay alguna otra anomalía anotarlas en observaciones.

No se debe permitir que ninguna manipule sin la protección adecuada. Asegurarse que los cilindros trabajen sincrónicamente.

Si presenta una desincronización:

- Revisar si no hay fugas de aire
- Resetear el cilindro
- Reiniciar el sistema de corte

Tomar y registrar la corriente consumida por el equipo, es indispensable comparar el valor con el de la corriente nominal permite verificar un funcionamiento normal si el amperaje es el indicado o algún problema de problema de operación si este valor está por encima de lo esperado.

BLOQUEO ELECTRICO

- Detenga la alimentación y observe que no queden alambres
- Pare el sistema y corte el suministro de energía, haciendo imposible el funcionamiento de este mientras se encuentre inhabilitado.

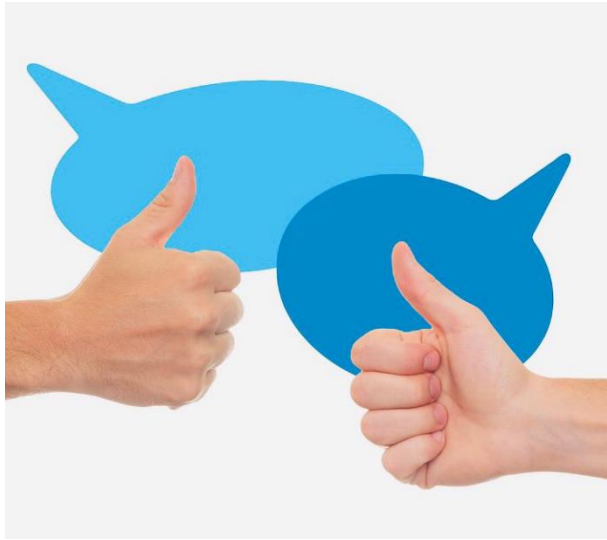
El bloqueo eléctrico es indispensable en la verificación de las piezas antes de operar.

6.2.3 Elaboración del manual de seguridad.

Recomendaciones para el operador

Se recomienda que el equipo sea operado exclusivamente por personal capacitado. La información que se presenta en este documento se recomienda seguir al pie de la letra por seguridad del operario, trabajo adecuado del sistema y vida útil del mismo.

Imagen 159. Recomendaciones



Fuente: DOSIS DE PSICOLOGÍA . [En Línea].
[Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible:
[https://dosis-de-
psicologia.blogspot.com/2018/08/como-
aconsejar-alguien.html](https://dosis-de-psicologia.blogspot.com/2018/08/como-aconsejar-alguien.html)

Seguridad personal

La parte más importante de la seguridad es que el operario encargado del sistema debe conocer a plenitud la máquina, haber leído apropiadamente el manual y seguir las recomendaciones de seguridad antes de realizar cualquier ajuste, operación o mantenimiento.

- Utilizar los elementos de protección personal adecuados, siempre que se encuentre cerca

Imagen 160. Epp´s



Fuente: MOVITECNICA . [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://movitecnica.com.pe/blog/epps-vital-importancia-trabajo/>

- Bloquear y etiquetar todas las fuentes de energía involucradas antes de realizar cualquier mantenimiento o ajuste

Imagen 161. Etiquetación de fuentes de energía



Fuente: LAN PREFORMACION [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://www.lanpreformacion.com/bloqueo-de-energias/>

- Imposibilita el arranque del equipo mientras se esté realizando mantenimiento o algún tipo de ajuste en el sistema

Imagen 162. Evitar arranque de la maquina



Fuente: BAROIG [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://baroig.com/soluciones/sistemas-de-bloqueo-de-pulsadores-y-interruptores/>

- No utilice ropa suelta, cabello suelto, joyas, bolsillos llenos con herramientas u otros objetos que pueda quedarse atrapado en el sistema

Imagen 163. Señal de peligro



Fuente: SIMOTIVA [En Línea]. [Consultado: 2 de mayo del 2020] Disponible: <https://simotiva.com/product/b-24-peligro-no-usar-ropa-suelta/>

- No intervenga el sistema mientras este en uso

Imagen 164. Evitar uso



Fuente: MARTA MORALES CASTILLO [En Línea].
[Consultado: 2 de mayo del 2020]
Disponible:
<https://martamoralescastillo.wordpress.com/2015/02/17/como-no-usar-las-tarjetas-de-visita/>

Lo más importante es conocer el sistema, las condiciones bajo las cuales se trabaja y lo que es capaz de hacer

SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO

Es necesario tener un ambiente de trabajo limpio y despejado. Se proporcionará recomendaciones que deben ser seguidas prolijamente:

- Mantener limpios, despejados y demarcados los espacios de trabajo
- Asegurarse que todo el equipo eléctrico esté conectado correctamente
- Conocer la ubicación de los extintores y equipos que controlen posibles incendios

6.2.4 Elaboración del manual de Mantenimiento

Mantenimiento

Es importante que el mantenimiento del sistema sea efectuado por personal competente, que cuenten con el equipo y herramientas adecuadas para cada trabajo, ajuste o intervención que se le haga al equipo. El mantenimiento necesita atención especial y un buen plan de trabajo con el fin de minimizar costos de reemplazo y reparación.

Recomendaciones a tener en cuenta:

- El cambio de las cuchillas está ligado a las condiciones de operación, destinadas por el operario
- Antes de proceder con cualquier chequeo o mantenimiento asegúrese que la maquina este completamente parada, el motor se halla apagado y el bloqueo eléctrico se halla establecido.

En la tabla 61 se va a presentar la ruta de mantenimiento adecuada para el sistema:

Tabla 61. Ruta de mantenimiento

RUTA DE MANTENIMIENTO					
Sistema	Frecuencia Actividad	Diaria	Semanal	A criterio	A tener en cuenta
Estructura	Asegurar que las uniones soldadas esten en buen estado			X	Mal estado de soldaduras a causa de vibraciones
	Asegurar que las uniones atornilladas esten en buen estado		x		Tornilleria desajustada a causa de vibraciones
	Revisar que no halla corrosion en la estructura			x	Agrietamiento en la pintura
	Cerciorarse del buen estado de las vigas		x		Esfuerzos ejercidos por la fuerza de corte
	Verificacion del estado de la base			x(Mensual)	El estado del nivel del piso
Cuchillas	Monitorear el filo de la cuchilla		x		Por el uso consecutivo
	Inspeccionar posible corrosion		x		Por el aire o los gases originados por la soldadura
	Inspeccionar posible presentacion de grietas		x		Por la fuerza y cantidad de golpes que resiste la cuchilla
	Asegurar que no halla secciones desportilladas	x			Desajuste en el juego del cizallado
	Conservacion del juego del cizallado	x			El continuo esfuerzo puede desviar la orientacion de la cuchilla
Sistema electro-neumatico	Revisar la conexión neumatica	x			Posibles fugas en uniones y mangueras
	Revisar la conexión electrica	x			Cables sueltos y/o altas y bajas en la tension
	Inspeccionar posible presentacion de grietas del sujetador		x		Por la fuerza y cantidad de golpes que resiste la cuchilla y se transmiten al sujetador
	Seguimiento del estado de los pasadores			x (mensual)	Esfuerzos ejercidos por la fuerza de corte
	Revisar estado superficial del sujetador			x (mensual)	Agrietamiento en la pintura
	Revisar manomet	x			Presion incorrecta del compresor
OBSERVACIONES DEL ENCARGADO DE LOS EQUIPOS					

Fuente Elaboración propia

LISTADO MÍNIMO DE REPUESTOS

En gran mayoría de la estructura se puede reparar, pidiendo soldarse o volviéndose re-construibles, pero es recomendable poseer piezas extras a la mano; de tal manera que ahorre tiempo en la intervención del mantenimiento. La tabla 62 enumerara los repuestos mínimos necesarios.

Tabla 62. Repuestos mínimos de la sección de corte

LISTADO DE REPUESTOS	
NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
CUCHILLAS MOVILES	2
CUCHILLAS FIJAS	2
PASADORES DIN 1436 TIPO B	6
PIN R 1/8"	6
TORNILLOS M10	8

Fuente. elaboración propia, con base en programa EXCEL

RECOMENDACIÓN HERRAMENTAL

A la hora de preservar el sistema, se debe tener un equipo apropiado de herramientas que permita llevar a cabo cualquier reparación. La carencia de estas herramientas retrasara los tiempos de reparación, mantenimiento o ajuste.

- Juego de llaves métricas
- Juego de copas métricas
- Torquímetro

TORQUE Y TORNILLERIA

Los tornillos del sistema han sido escogidos teniendo en cuenta los requerimientos que mostro, tanto la estructura como las necesidades neumáticas. Por lo que se recomendaran indicaciones que se deben tener en cuenta a la hora de manipular la tornillería:

- Si debe hacer cambiar algún tornillo, se debe cambiar por uno de la misma referencia, o en algún caso de misma resistencia. El utilizar otros por precio, puede llevar a que se produzcan perdidas tanto económicas como humanas, aparte de paradas imprevistas.

- Los tornillos se deben ensamblar con el torque adecuado, para que genere una precarga adecuada.
- Si la precarga aplicada por el torque es baja, ocasiona que la unión roscada quede floja, puede causar fluctuaciones de esfuerzo.
- Si la precarga aplicada por el torque es alta, puede originar , fracturas o deformación plástica en el elemento, evitando que ejerza la fuerza de sujeción adecuada.
- Los tornillos se deben remosquear después de las primeras 50 horas de uso, con sus valores iniciales. Posteriormente se debe remosquear a consideración del encargado.

En la tabla 63 se indican los valores de torque necesario dependiendo de la tornillería

Tabla 63. Tabla de torques

Diámetro Tornillo	Grado o Clase				
	Torque de apriete máximo (Nm)				
	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M4	1.02	1.37	3	4.4	5
M5	2	2.7	5.9	8.7	10
M6	3.5	4.6	10	15	18
M8	8.4	11	25	36	43
M10	17	22	49	72	84
M12	29	39	85	125	145
M14	46	62	135	200	235
M16	71	95	210	310	365
M18	97	130	300	430	500
M20	138	184	425	610	710
M22	186	250	580	820	960
M24	235	315	730	1,050	1,220
M27	350	470	1,100	1,550	1,800
M30	475	3635	1,450	2,100	2,450
M33	645	8865	1,970	2,770	3,330
M36	830	1,111	2,530	3,560	4,280

Fuente: REDICA [En Línea]. [Consultado: 12 de mayo del 2020] Disponible: redica.com.co/tabla-de-torques.html

7. EVALUAR FINANCIERA Y AMBIENTALMENTE EL PROYECTO.

En este capítulo se va a llevar a cabo el proceso de evaluación del proyecto tanto financiera como ambientalmente; evaluando la inversión total con respecto a los sistemas necesarios para la máquina de malla electro-soldada de Almasa S.A.; También se realizará la respectiva evaluación con respecto al impacto en el ambiente de trabajo físico, auditivo y visual.

7.1 EVALUACIÓN FINANCIERA

Hay que tener presente que, aunque bien este documento solo cuenta con la etapa de diseño de los dos sistemas, se presentara una evaluación financiera donde se presentara una comparación entre los gastos actuales y los costos de fabricación, para brindarle a la empresa criterios para tomar la decisión para poder implementar el proyecto. Es importante aclarar que los precios quedan sujetos a la fecha de investigación del documento.

7.1.1 Evaluación actual

Se considera el estado actual financiero de la máquina de malla electro-soldada, donde se consideran las ventas de la malla electrosoldada que efectúa Almasa S.A., los costos de operación, de mantenimientos.

7.1.1.1 Datos Actuales. Se presentarán los datos que se manejaron en los últimos dos años (2018 y 2019), de tal manera que se hará una proyección sobre el año en curso (2020) para poder realizar la comparación con los datos a evaluar del proyecto.

➤ **Costos operacionales.** En la Tabla 64 se presenta el valor de los costos operacionales por Kg de los años 2018 y 2019, los cuales nos sirven para hacer las proyecciones del año en curso(2020) y de los siguientes 4 años.

Tabla 64. Costo operacional

Año	Cantidad en Kg	Costo operacional	Costo anual
2018	1'859.946	\$360	\$669'580.560
2019	1'796.797	\$350	\$628'878.950

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para realizar el flujo de caja, se necesita hacer proyecciones de los 5 años siguientes (2020, 2021, 2022, 2023 y 2024), los cuales las asimilaremos como un

promedio entre los datos de los 2 años que se tiene información, siguiendo el procedimiento como se ve en la ecuación .

$$P = \frac{A + B}{2}$$

Datos

-A dato 1

-B dato 2

-n número de datos

El dato 1 es el costo anual del 2018 (\$669'580.560) y el dato 2 es el del 2019 (\$628'878.950), el cual nos da un valor promedio de \$649'229.755, el cual utilizaremos en el 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024 para poder realizar el flujo de caja.

➤ **Costos de mantenimiento.** En la tabla 65 se presenta los costos de mantenimiento en los años 2018 y 2019, de tal manera que se podrán utilizar para realizar la proyección de los siguientes 5 años.

Tabla 65. Costo de mantenimiento

Año	Costos de mantenimiento
2018	6'400.000
2019	7'200.000

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para realizar el flujo de caja, se necesita hacer proyecciones de los 5 años siguientes (2020, 2021, 2022, 2023 y 2024), los cuales las asimilaremos como un promedio entre los datos de los 2 años que se tiene información, siguiendo el procedimiento como se ve en la ecuación .

El dato 1 es el costo anual del 2018 (\$6'400.000) y el dato 2 es el del 2019 (\$7'200.000), el cual nos da un valor promedio de \$6'800.000, el cual utilizaremos en el 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024 para poder realizar el flujo de caja.

➤ **Venta.** Al igual que en las tareas anteriores solo poseemos las ventas del año 2018 (Tabla 66) y del 2019 (Tabla 67), los cuales nos ayudaran a sacar las proyecciones de los siguientes 5 años

Tabla 66. Ventas del 2018

Ventas del 2018				
Diámetro	Cantidad en Kg	Mallas	Valor unitario	Venta
3 milímetros	1129310	35749	\$119146	\$4.259'350.354
3.5 milímetros	62740	1987	\$153.260	\$304'527.620
4 milímetros	529313	9380	\$187.371	\$1.757'539.980
Venta total				\$6.321'417.954

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Tabla 67. Ventas del 2019

Ventas del 2019				
Diámetro	Cantidad en Kg	Mallas	Valor unitario	Venta
3 milímetros	1076587	34080	\$132.385	\$4.511'680.800
3.5 milímetros	63328	2005	\$170288	\$341'427.440
4 milímetros	539245	9556	\$208190	\$1.989'463.640
Venta total				\$6.842'571.880

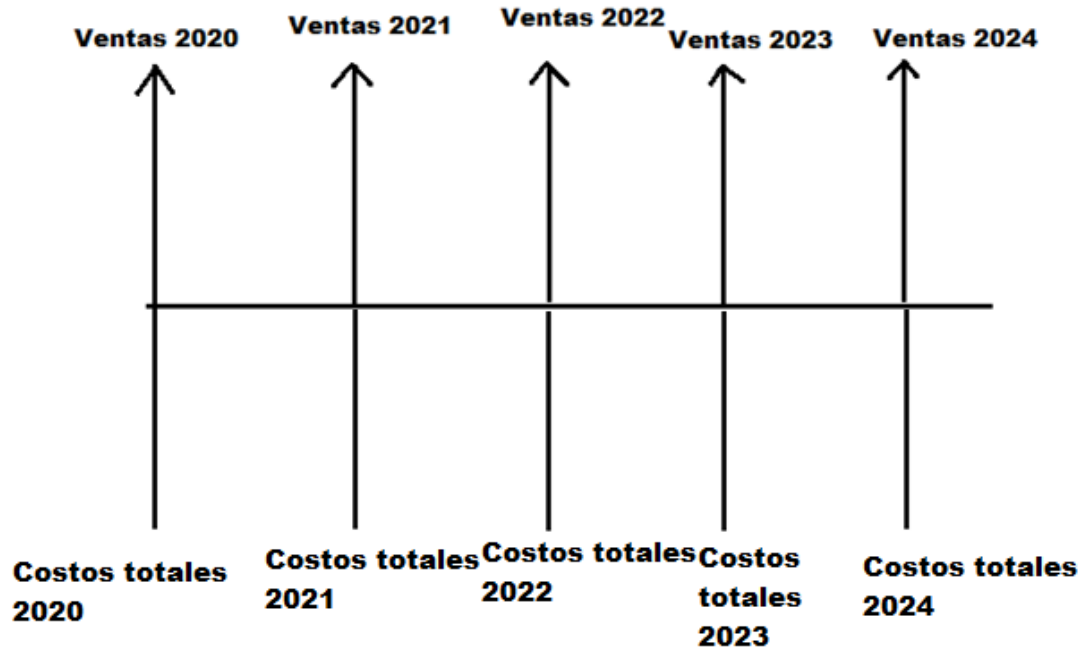
Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para realizar el flujo de caja, se necesita hacer proyecciones de los 5 años siguientes (2020, 2021, 2022, 2023 y 2024), los cuales las asimilaremos como un promedio entre los datos de los 2 años que se tiene información, siguiendo el procedimiento como se ve en la ecuación .

El dato 1 es el costo anual del 2018 (\$6.321'417.954) y el dato 2 es el del 2019 (\$6.842'571.880) el cual nos da un valor promedio de \$6.581'994.917, el cual utilizaremos en el 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024 para poder realizar el flujo de caja.

7.1.1.2 Flujo de caja

Diagrama 6. Flujo de caja del estado actual



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

En las ventas de los años proyectados se utiliza el valor de \$6.581'994.917, en todos los años; los costos totales, se utiliza la sumatoria de los costos de mantenimiento y los operacionales, el cual nos da un valor de \$656'029.755

7.1.1.3 Beneficios

Para hallar los beneficios de los próximos 5 años multiplicamos las ventas totales de los 5 años

$$\text{Ventas (5años)} = \$6.581'994.917 * 5$$

Dando un valor de \$32.909'974.590; ahora realizamos la misma operación con los costos totales

$$\text{Costos (5años)} = \$656'029.755 * 5$$

Dándonos un valor de \$3.280'148.775; procedemos realizar una resta, donde encontraremos las ganancias en los siguientes 5 años si no se aplica el proyecto.

$$\text{Ganancias}(5 \text{ años}) = \$32.909'974.590 - \$3.280'148.775$$

Dando como resultado una ganancia dentro de los 5 años siguientes de \$29.629'825.820

7.1.2 Evaluación del proyecto

Se va evaluar el proyecto a implementar, de tal manera que se tendrá en cuenta el coste de la inversión y un incremento del 20 % a las ventas estipuladas para los próximos 5 años en la actividad anterior

7.1.2.1 Presupuesto costo de materiales

En esta actividad se van a relacionar las materias primas para llevar a cabo los diferentes sistemas, se ven en las siguientes actividades:

➤ **Sistema de guías.** En el sistema de guías se realiza la siguiente presentación de materiales para de igual manera determinar el costo total de los mismos como se aprecia en la tabla 68.

Tabla 68. Presupuesto de costo de materiales sistema de guías

MATERIAL	MEDIDA	COSTO UNITARIO (COP/UND)	VALORTOTAL(COP)
Perfil A36	3m	38933/m	116.799
placa A36	1 unid	201.218(COP/4m*6m)	201.218
Acero 4130	3 Kg	4.834,8(COP/Kg)	14.504,4
Total, de presupuestos del material			332.521

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

➤ **Sistemas de cortes.** En la Tabla 69 se muestran las materias primas necesarias para el sistema de corte

Tabla 69. Presupuesto de costo de materiales sistema de corte.

MATERIAL	MEDIDA	COSTO UNITARIO(COP/UND)	VALOR TOTAL(COP)
Perfil A36	4m	38.933/m	155.732
Lamina A36	1 UND	201.218(COP/4m*6m)	201.218
Lamina S7	3 Kg	4.834,8(COP/Kg)	14.504,4
Total, de presupuestos del material			371.454

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Total de presupuestos de materiales

En la tabla 70 se ve la sumatoria de los presupuestos de materiales para la elaboración del proyecto

Tabla 70. Total de presupuesto

SISTEMAS DE PRESUPUESTO DE MATERIALES	SUMATORIA DE LOS SISTEMAS (COP)
SISTEMA DE GUIAS	332.521
SISTEMAS DE CORTE	371.454
TOTAL DE LA SUMATORIA	703.975

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

➤ **Presupuesto costo de fabricación.** Estos costos están dados por el procesamiento de las materias primas y el uso de equipos adicionales que son necesarios a la hora de elaborar los sistemas y que nos ayude a cerciorarnos que funcione adecuadamente.

Sistema de guías

Para los costos de fabricación del sistema de guías encontramos los siguientes componentes presentados en la tabla 71.

Tabla 71. Presupuesto costo de fabricación del sistema de guías

CONCEPTO	CANTIDAD (UND)	COSTO UNITARIO(COP/UND)	COSTO TOTAL(COP)
Corte de perfiles	2	20.000/h	40.000
Corte	2	20.000/h	40.000
Perforado	1	25.000/h	25.000
Tornillos parasegmentos M10*70	40	6500	260.000
Tuercas M10	40	200	8.000
Arandelas M10	80	50	4.000
Tornillos parasegmentos M4*25	64	2000	128.000
Arandelas M4	64	50	3.200
Ensamblaje	3	120.000	360.000
Módulo de entradas digitales	1	904.338	904.338
Mangueras tipo PUN 6*1	8	5.349	42.792
Uniones T Neumáticas ¼"	6	10.080	60.480
Válvula de control mantenimiento serie d Truper	1	137.300	137.300
Total costos de fabricación			2.013.110

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Sistema de corte

En la tabla 72 podremos ver los costos de fabricación y elementos que se compran ya elaborados para el sistema de corte.

Tabla 72. Presupuesto costo de fabricación del sistema de corte

CONCEPTO	CANTIDAD (UND)	COSTO UNITARIO(COP/UND)	COSTO TOTAL(COP)
Corte de perfiles	2	20.000/h	40.000
Corte	2	20.000/h	40.000
Perforado	1	25.000/h	25.000
Tornillos para segmentos M10*70	40	6500	260.000
Tuercas M10	40	200	8.000
Arandelas M10	80	50	4.000
Tornillos para segmentos M4*25	64	2000	128.000
Arandelas M4	64	50	3.200
Ensamblaje	3	120.000	360.000
Módulo de entradas digitales	1	904.338	904.338
Mangueras tipo PUN 6*1	8	5.349	42.792
Uniones T neumáticas ¼"	6	10.080	60.480
Válvula de control mantenimiento serie d Truper	1	137.300	137.300
Total costos de fabricación			2.013.110

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Total de costos de fabricación.

La tabla 73 es utilizada para sumar los resultados de costos totales de fabricación de los dos sistemas.

Tabla 73. Presupuesto costo de fabricación

SISTEMAS DE COSTOS FABRICACION	SUMATORIA DE LOS SISTEMAS(COP)
SISTEMA DE GUIAS	2.013.111
SISTEMAS DE CORTE	1.688.052
TOTAL DE LA SUMATORIA	3.701.163

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

➤ **Presupuesto costo de ingeniería.** Estos costos corresponden al desarrollo del presente proyecto para cumplir con los objetivos planteados, incluyendo talento humano, diseño al detalle, fungibles utilizados y cálculos.

Costos de talento humano

Se contemplan el tiempo empleado por los dos proyectistas encargados del desarrollo del proyecto (tabla 74)

Tabla 74. Costos por talentos humanos

TALENTO HUMANO	CANTIDAD (PERSONAS)	HORAS/HOMBRE (h/persona)	COSTO UNITARIO (COP/h)	COSTO TOTAL (COP)	Financiado por
Proyectistas	2	600	12.000	14.400.000	Proyectistas
Costo total del Talento humano (Cop)				14.400.000	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Costos por fuentes tecnológicas

Estos costos están tipificados por los recursos tecnológicos y software requeridos para cumplir el proyecto (Tabla 75)

Tabla 75. Costos por fuentes tecnológicas

Software Equipo	Unidad de medida	Cantid ad	Valor Mensual (USD)	Valor Unitario (USD)	Valor Unitario (COP)	Valor total	Financia dora
Uso Licencia Solid Edge 2020	Horas	360	60	0.08	300	108000	Fundació n Universi dad de América
Comput ador portátil	UND	2	-	-	1400000	2800000	Proyectis tas
Total de costos por tecnología				2980000			

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para tomar los valores del uso de Solid Edge de la tabla 75, se averiguo en la página oficial (<https://www.plm.automation.siemens.com/store/es-mx/solid-edge/index.html>) el cual nos da un valor mensual de 60 USD, posteriormente hallamos el valor por hora; el 5 de junio del 2020 se consultó el valor del dólar el cual está en \$3594.47 (<https://www.dolar-colombia.com/>).

Otros costos

En esta actividad vamos a tener en cuenta los ítems que no se implementaron en los puntos anteriores (Tabla 76)

Tabla 76. Otros egresos

ELEMENTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Servicios publico	Hora	600	3000	1800000
Alimentación	UND	40	10000	400000
Transporte	UND	80	25000	2000000
Internet	Hora	220	200	44000
TOTAL POR OTROS COSTOS			4.244.000	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Costos totales de ingeniería

Estos datos se calculan con la sumatoria de las tablas 76, 75 y 74 ; adicionándole un porcentaje de imprevistos, el cual corresponde a 5%, viéndose reflejado en la tabla 77

Tabla 77. Total costos de ingeniería

COSTOS	TOTAL
Talento humano	14.400.000
Ayudas tecnológicos	2.980.000
Otros costos	4.244.000
Sumatoria de costos sin imprevistos	21.624.000
Imprevistos (5%)	1.081.200
Total	22.705.200

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

➤ **Inversión total.** En la tabla 78 se vera la sumatoria de la tabla 77, 75 y la 74, la cual demostrara la inversión total necesaria por Almasa S.A

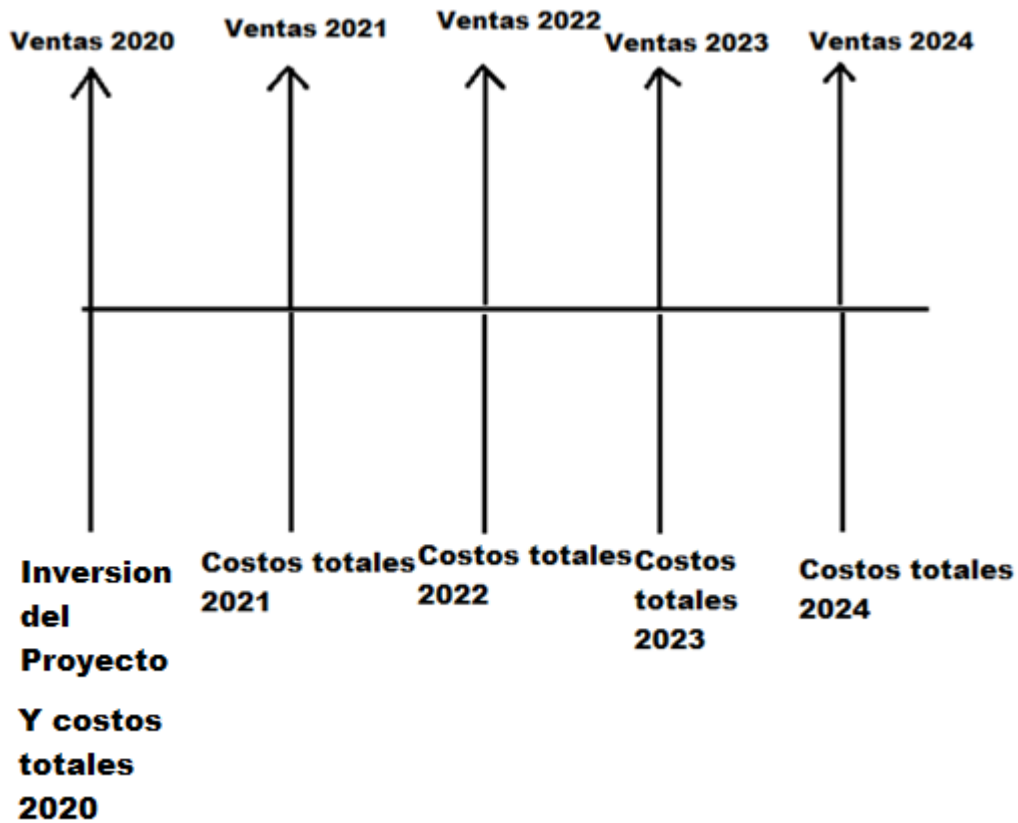
Tabla 78. Tabla de inversión total

TIPO DE COSTOS	VALOR DE LOS COSTOS (COP)
MATERIA PRIMA	703.975
FABRICACION	3.701.163
INGENERIA	22.705.200
SUMATORIA TOTAL DE COSTOS	27.110.338

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

7.1.2.2 Flujo de caja

Diagrama 7. Flujo de caja del proyecto



Fuente: elaboración propia, con base en programa POWER POINT

En las ventas de los años se utiliza el valor de \$6.581'994.917 más un 20 % adicional, en todos los años; la inversión del proyecto está dada por la tarea anterior el cual corresponde a un valor de \$27'110.338. Para los costos totales, se realizó la sumatoria de los costos de operación con la sumatoria de los costos de mantenimientos.

Para hallar los costos de operación tomamos en cuenta el promedio de la cantidad de Kg de la tabla 64, con la siguiente operación:

$$P = \frac{A + B}{2}$$

Datos

-A dato 1

-B dato 2

- n número de datos

Y el resultado que nos da en el promedio es \$1'828.371, proseguimos a hallar dicho costo:

$$\text{Costos operacional: } \$1'828.371 * \$210 = \$383'957.910$$

Lo que nos da costos operacionales anuales de \$383'951.910. Seguimos con los costos de mantenimientos lo cual está dado por la tabla 79

Tabla 79. Costos de mantenimiento

Año	Costo del mantenimiento
2020	\$0
2021	\$200.000
2022	\$200.000
2023	\$200.000
2024	\$500.000

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Lo cual nos da los siguientes valores de costos totales (Tabla 80):

Tabla 80. Costos de totales

Año	Costos de operación	Costos de mantenimiento	Costos totales
2020	\$383'951.910	\$0	\$383'951.910
2021	\$383'951.910	\$200.000	\$384'151.910
2022	\$383'951.910	\$200.000	\$384'151.910
2023	\$383'951.910	\$200.000	\$384'151.910
2024	\$383'951.910	\$500.000	\$384'451.910

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

7.1.2.3 Beneficios

Para hallar los beneficios de los próximos 5 años multiplicamos las ventas totales de los 5 años , que hallamos en la actividad anterior (\$6.581'994.917), pero añadiéndole un 20% ya que este es el aumento de la producción mínima

$$Ventas (5años) = (\$6.581'994.917 * 1.2) * 5$$

Dando un valor de \$39.491'969.500; procedemos a realizar una resta con la inversión del proyecto, donde encontraremos las ganancias en los siguientes 5 años implementando el proyecto

$$Ganancias(5 años) = \$39.491'969.500 - \$27'110.338$$

Dando como resultado una ganancia dentro de los 5 años siguientes de \$39.464'859.160. Posteriormente le restamos los costos totales año por año.

$$\begin{aligned} Ganancias(5 años) &= \$39.491'969.500 \\ &- (\$383'951.910 + \$384'151.910 + \$384'151.910 + \$384'151.910 \\ &+ \$384'451.910) = \$37.571'110.995 \end{aligned}$$

Tomamos el valor de la ganancia y la pasamos a ganancia diaria.

$$Ganancias (diarias) = \$37.571'110.995 / (12 * 30)$$

Dando como resultado una ganancia de \$104'364.194,3 por día, lo cual nos indica que la proyección a la recuperación de la inversión del proyecto se puede efectuar en un día de ventas de malla electro soldada.

7.1.3 Análisis. Financieramente la viabilidad del proyecto es mayor, debido a que la diferencia entre si se aplica el proyecto (\$37.571'110.995) y si no se aplica (\$29.629'825.820) es de \$7.941'285.175 además dando un tiempo extremadamente corto para la recuperación de la inversión. También se tiene en cuenta el valor de una maquina nueva, tras de que tocaría desechar la maquina actual tiene un valor de \$450'000.000. Además de evitar el ausentismo por los trabajadores, debido a la alta posibilidad de lesiones en el trabajo que posee actualmente sin el sistema de corte; este ausentismo se ve reflejado directamente en una producción menor.

7.2 ANÁLISIS AMBIENTAL

Para realizar el análisis ambiental, se analizará el proceso de elevación y corte de la máquina de malla electro-soldada, y el mantenimiento de los sistemas que están involucrados. Se realizará el análisis mediante una matriz ambiental como se ve en la tabla 77, de tal manera que se puede evaluar ambientalmente las actividades con anterioridad mencionadas.

7.2.1 Actividades. En este aspecto a evaluar en la matriz, es donde se describe las actividades a desarrollar, tanto entradas y salidas.

7.2.2 Aspecto Ambiental. En este aspecto se evalúan la incidencia ambiental, describiéndola, posteriormente se analiza el tipo siendo directo o de influencia y posteriormente las condiciones de operaciones del mismo.

7.2.3 Componente Ambiental Asociado. Se relaciona directamente al componente que afecta, los cuales pueden ser, social, agua, aire o Sólidos.

7.2.4 Impacto ambiental. En este ítem se describe en que forma afecta al ambiente y se evalúa en qué manera afecta: positivo "+" es la reducción del impacto ambiental y negativo "-" aumenta la degradación de los recursos.

7.2.5 Controles Existentes. Se plantean acciones preventivas y de mitigación para poder tratar las problemáticas.

7.2.6 Evaluación. Se evalúan los criterios de los aspectos ambientales y se evaluarán a continuación

7.2.6.1 Severidad. Este ítem de evaluación se refiere a la reposición en dinero que generan las pérdidas. Se evalúa de la siguiente manera:

- 1: Recursos hasta un millón de pesos en pérdidas
- 2: Recursos de un millón a cinco millones de pesos en pérdidas
- 3: Recursos superiores a cinco millones de pesos en pérdidas

7.2.6.2 Cobertura. En este ítem se estudia la cantidad de lugares que alcanza a afectar. Se evalúa de la siguiente manera:

- 1: Puntual
- 2: Local

- 3: Regional

7.2.6.3 Duración. Se refiere al tiempo en que se demora en volver a ser ecológicamente activo. Se evalúa de la siguiente manera:

- 1: Hasta un mes de recuperación
- 2: Entre un mes a un año de recuperación
- 3: Superior a dos años de recuperación

7.2.6.4 Controles Existentes. En este aspecto se evalúa si está controlado por el cliente o la organización. Se evalúa de la siguiente manera.

- 1: No hay control ambiental.
- 2: Control ambiental de clientes y/u organización, con registros.
- 3: Control ambiental de clientes y/u organización, sin registros.

7.2.6.5 EAA (Evaluación del aspecto ambiental). Para hallar el valor del EAA, se tiene que hallar primero el VAA (Valoración del aspecto ambiental), el cual es la sumatoria de los criterios de los controles anteriores; y posteriormente se multiplica por la frecuencia, el cual se evalúa de 1 a 3, donde el 1 es de menor y el 3 de mayor frecuencia.

7.2.6.6 Importancia. Se determina el grado de importancia con respecto los valores dados por el EAA; se clasifica de la siguiente manera:

- 1-7; No se considera importante; Se recomienda conservar la manera en la manera que se hacen las actividades.
- 8-11; Se considera importante; Se recomienda realizar programa que controle el impacto generado.
- 12-15: Es muy importante; Se debe intervenir de manera inmediata.

7.2.6.7 Medidas de implementación. Es el paso donde se plantea la mecánica para poder contrarrestar los puntos críticos en cuanto a las afectaciones de manera ambiental, generadas por las maquinas

Tabla 81. Matriz ambiental

Matriz ambiental										
1.Descripcion del proceso	Proceso		Elevacion del sistema de guias	Mantenimiento del sistema de guias			Corte de malla electro-soldada		Mantenimiento del sistema de corte	
	Actividades		Sistema de elevacion, por medio de dos	Mantenimiento de estructura, carcasas, pistones y conexiones electro-			Sistema de corte por medio de ocho pistones neumaticos		Mantenimiento de estructura, cuchillas, pistones y conexiones electro-	
	Etapas	Entrada	Alambre, aire comprimido, energia	Tintas para verificacion de soldadura,medidor de espesor de pinturas, juego de herramientas, trapos			Malla, energia, aire comprimido		Tintas para verificacion de soldadura,medidor de espesor de pinturas, afilador de cuchilla, juego de herramientas, piezas dañadas	
		Salida	Alambre, residuos de friccion,Ruido	Tintas para verificacion de soldadura,medidor de espesor de pinturas, juego de herramientas, piezas dañadas, residuos de aerosol y corrosivos, trapos sucios			Malla cortada, ruido		Tintas para verificacion de soldadura,medidor de espesor de pinturas, juego de herramientas, piezas dañadas, residuos de aerosol y corrosivos, trapos sucios, afilador de cuchillas, residuos de cuchilla	
2. Aspecto Ambiental	Descripcion		Disminucion en la emision de ruido	Disminucion en la utilizacion de aerosoles	Disminucion en generacion de residuos solidos aprovechables	Reduccion en emision de ruido	Consumo de energia	Disminucion en la utilizacion de aerosoles	Disminucion en generacion de residuos solidos aprovechables	
	Tipo		Directo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo	
	Condiciones de operación		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	
3. Componente Ambiental Asociado	(Social, Agua, aire, solidos)		Social	Aire	Solidos	Social	Aguas (hidroelectricas)	Aire	Solidos	
4. Impacto Ambiental	Descripcion		Afecta a los operarios	Afecta a los operarios y contamina el aire	Aumento de basuras , con riesgo de contaminacion	Afectacion de la comunidad	Agotamiento de recursos naturales, contaminacion atmosferica, calentamiento global	Afecta a los operarios y contamina el aire	Aumento de basuras , con riesgo de contaminacion	
	Carácter(+,-)		-	-	+	-	-	-	+	
5. Controles Existentes	Preventivos		Mediciones por parte de la ARL	Mediciones por parte de la ARL	Capacitacion a operarios para disposicion de los residuos	Mediciones por parte de la ARL	N/A	Mediciones por parte de la ARL	Capacitacion a operarios para disposicion de los residuos	
	Mitigacion		Usar EPP, por parte de las personas alrededor del sistema	Usar EPP, por parte de las personas alrededor del sistema	Control a los proveedores para conocer la documentacion adecuada, conocer el correcto aprovechamiento	Usar EPP, por parte de las personas alrededor del sistema	Programas y charlas ambientales	Usar EPP, por parte de las personas alrededor del sistema	Control a los proveedores para conocer la documentacion adecuada, conocer el correcto	
6. Evaluacion	Severidad		1	1	1	1	1	1	1	
	Cobertura		1	1	1	1	1	1	1	
	Duracion		1	1	1	1	1	1	1	
	Aspecto legal		1	1	1	1	1	1	1	
	Control Existente		1	1	2	1	1	1	2	
	VAA		5	5	6	5	5	5	6	
	Frecuencia		2	1	1	2	1	1	1	
EAA		10	5	6	10	5	5	6		
Importancia		Importante	No importante	No importante	Importante	No importante	No importante	No importante		
7. Control de Aspectos ambientales significativos	Control administrativo		Charlas a personal para el uso de EPPS	Charlas a personal para el uso de EPPS	Registros de documentacion, de los desechos, charlas para el aprovechamiento o adecuado de los residuos.	Charlas a personal para el uso de EPPS	Charlas que capaciten y sensibilicen, los programas ambientales y campañas de orden y aseo	Charlas a personal para el uso de EPPS	Registros de documentacion, de los desechos, charlas para el aprovechamiento adecuado de los residuos.	

Fuente: elaboración propia, con base en programa EXCEL

Para los sistemas de guías y corte y sus respectivos mantenimientos, se encontró que la disminución en la emisión de ruido es importante, disminución en la utilización de aerosoles no es tan importante, disminución en generación de residuos sólidos aprovechables no es tan importante y la reducción del consumo de energía no es tan importante. De tal manera así que su afectación ambiental es de bajo impacto.

8. CONCLUSIONES

- Para la parte teórica, se determinó que no hay gran cantidad de sistemas de guías, de hecho, los sistemas son casi inexistentes ya que se reemplazan por rodillos enderezadores debido a que la máquina también cumple la función de trefiladora en la mayoría de los casos.
- En la etapa del diseño conceptual, se presentaron 3 alternativas a la solución a la problemática en cada uno de los sistemas; en el sistema de guías se propusieron el cambio de material, sistema de elevación neumática y un cambio de geometría del electrodo; en el sistema de corte se propusieron una guadaña de corte horizontal, corte por cizalla neumática y una guillotina hidráulica. Mediante una matriz QFD para cada una de las elecciones, se encontró que para el sistema de guías la alternativa que mejor cumplía los requerimientos fue el sistema de elevación neumático, que dentro de sus ventajas tiene la facilidad de acoplar al sistema actual, rápido accionamiento y bajo costo; para el sistema de corte la mejor elección fue la cizalla neumática ya que también poseía un bajo costo, menor tiempo de acción y de fácil uso.
- En el sistema de corte se escogió una cuchilla con un ángulo interno, el cual tiene la capacidad de cortar 2 alambres de la malla electro soldada a la vez, además unos sujetadores los cuales cumple la función de acople con los cilindros neumáticos, los cuales son 8, debido a que son 16 alambres por malla, pero como corta 2 simultáneamente, reduce los cilindros a la mitad; un juego de cuchillas fijas acopladas a la estructura y una estructura que optimiza la operatividad del sistema. Además, se realizó un listado de instrucciones el cual tiene en cuenta todas las operaciones del sistema aportándole una alternativa al diseño actual.
- Se elaboró los manuales de instalación, seguridad, operación y mantenimiento de los dos sistemas, de tal manera que se busca un adecuado ensamble para un funcionamiento correcto; preservar la seguridad de los trabajadores cuando estén operando y en las cercanías de los sistemas; una correcta operación para el aumento de la vida útil de cada uno de los sistemas, al igual que un mantenimiento correcto para no permitir daños prematuros de los sistemas.

- Financieramente la viabilidad del proyecto es positiva, ya que la diferencia de ganancias entre la implementación y la no implementación del proyecto, da un 30 % aproximadamente superior la primera; además que el tiempo de recuperación de la inversión, es solo cuestión de un día, debido a la alta demanda que tiene la malla electro-soldada. Si también lo relacionamos con la maquina nueva el valor es superior más de 3 veces, además que se perdería inversiones que se le ha realizado. Ambientalmente el proyecto es sostenible, ya que no tiene grandes afectaciones en el medio ambiente y los trabajadores acatando las recomendaciones, no les afectaría la salud, dentro de estas recomendaciones se encuentran el uso de EPPS, pero estos son de uso obligatorios en la planta lo cual no necesitaría otro tipo de elementos de protección.
- Para el sistema de guías se implementó una alternativa de bajo costo, en donde cumpliera con los requerimientos dados inicialmente como parámetros, estas condiciones abordan sistemas neumáticos para la elevación de la malla al momento de haber arrastre, para que de esta manera no se presente la perdida de material que causaba el constante cambio del electrodo en el sistema de soldadura de la malla.

9. RECOMENDACIONES

- Como recomendación inicial, se plantea la aplicación total y acople del sistema realizado a la máquina de malla electrosoldada en Almasa S.A. sede Bogotá, integrando los métodos necesarios para la correcta funcionalidad en cuanto al programa o código ubicado en el PLC, mejorando así su funcionamiento y aumentando su productividad.
- Se recomienda optimizar el sistema estructural, acoplándole más mecanismos, para que de esta manera la calidad del corte aumente y no genere costos futuros en cuanto a mantenimiento.
- A pesar de encontrar en la matriz ambiental que el impacto es bajo, se recomienda ajustar las matrices, teniendo en cuenta más
- variables de la máquina que puedan afectar el medio, además, corroborar de la misma manera, que la afectación de la misma para los operarios sea nula.

BIBLIOGRAFÍA

ALMASA S.A. [En Línea]. [Consultado: 6 de Enero del 2020]. Disponible: <http://www.almasa.com.co/media/construccion/construccion.pdf>

ALMASA S.A. [En línea] [Consultado el 1 de diciembre de 2019] Disponible en: <http://www.almasa.com.co>

ALMASA S.A. ficha técnica [en línea] [Consultado: 4 marzo de 2020] disponible en: <https://almasa.com.co/FichasTecnicas/Almasa-AC-F-026%20Ficha%20Te%CC%81cnica%20Malla%20Electrosoldada%20Rollo.pdf>

ALMASA S.A. Malla electrosoldada rollo. [En línea] [Consultado el 3 de diciembre de 2019] Disponible en: <https://almasa.com.co/soy-constructor/44--malla-electrosoldada-rollo.html>

ALMASA S.A. Nosotros. [En línea] [Consultado el 1 de diciembre de 2019] Disponible en: <http://www.almasa.com.co/nosotros>.

AULA VIRTUAL. [En Línea]. [Consultado el 10 de mayo]. Disponible en : <https://www.aulafacil.com/cursos/matematicas/areas-geometricas/calculo-del-area-del-circulo-l10834>

CARDENAS, V. (2005). Introducción al Conformado Mecánico. Quito. [En línea]. [Consultado:28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

CARDENAS, V; Introducción al conformado Mecánico; E.P.N.; Quito; 1985; Pag.135. [En línea]. [Consultado:28 de febrero del 2020] Disponible: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/06-MPM-Cap3-Final.pdf?sequence=6>

COLOMBIA, MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Resolución 0277 de 2015. (2, febrero, 2015) Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a alambre de acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas, para refuerzo de concreto que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia. En: Asociación nacional de empresarios de Colombia. Bogotá D.C. 2015. 3P.

DUBBEL, H. (n.d.). Manual del constructor de máquinas (Vol. 1). Editorial Labor SA. [En línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020] Disponible: <http://librosdelpobre.blogspot.com/2018/04/manual-del-constructor-de-maquinas-tomo.html>

DURTON [En Línea]. [Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible: <https://www.durtron.com/producto/plc-siemens-cpu-1214c-6es7-214-1ag40-0xb0-s7-1200/>

ELEMENTOS A TENSION.[Consultado: 2 de abril del 2020]. Disponible:Proyecto%20de%20grado/Proyecto%20de%20grado/01-%20Estructuras%20Área%20efectiva.pdf

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA. FACTORES DE SEGURIDAD...PORQUE TANTOS.[En Línea].[Consultado 15 de marzo del 2020]. Disponible en: <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/FACTORES-DE-SEGURIDAD-BASICOS-E-INDIRECTOS-AJGG2.pdf>

FESTO [En Línea]. [Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible: <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/valvula-biestable-de-5-2-vias,defectuosa.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC44NDk4>

FESTO [En Línea]. [Consultado: 18 de abril del 2020] Disponible: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/equipos-de-practicas/accesorios/neumatica/conector-en-t-racor-rapido-quick-star.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41OTAuMzg3Ng>

FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/573583/Assembly_and_Test_es.pdf

FESTO [En Línea]. [Consultado: 8 de abril del 2020] Disponible: https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN

FESTO, Cilindros compactos ADNGF [En línea] [Consultado 10 mayo de 2020] disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/ADNGF_ES.PDF

FISICA LAB. [En Línea].[Consultado el 13 de mayo] Disponible en : <https://www.fiscalab.com/apartado/teorema-seno-coseno-tangente>

FUENTES.F. (1982). ENSAYOS MECANICOS EN METALES. 2020, mayo 14, de UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON [En Línea]. [Consultado: 12 de marzo del 2020] Disponible: <http://eprints.uanl.mx/5993/1/1020070566.PDF>Donde

GERDAU CORSA, MANUAL [en línea] [consultado: 8 abril de 2020] disponible en:

https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/Manual_Perfiles_Estructurales_2019_new%20Validado-min.pdf

ICOH.[En Línea]. [Consultado: 18 de abril del 2020]
Disponible:<http://icohhn.com/producto/f-r-l-unidad-de-mantenimiento-serie-lfc-dos-cuer-ich-02553868/>

INDUSTRIAS ASOCIADAS S.A.S. [En Línea] [Consultado:18 de abril del 2020].
Disponible <https://www.industriasociadas.com/producto/manguera-neumatica-pun>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Alambre de acero liso y grafilado y mallas electro soldadas para refuerzo de concreto. NTC-5806. Bogotá D.C. Icontec, 2019. 15p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.
Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C. El instituto, 2018 ISBN 9789588585673 153 p.

JACOM GROUP. Quienes somos. [En línea] [Consultado: 9 diciembre de 2019]
Disponible en: <https://jacomgroup.com/quienes-somos/>

LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA. RT Malla electrosoldada resolución 0277 de 2015. [En línea] Disponible en:http://www.andi.com.co/Uploads/RT%20Malla%20electrosoldada%20resoluci%C3%B3n%200277%20de%202015_636536179525972681.pdf

MEIXNER,H; Iniciación a la técnica neumática; Manual Festo; Alemania; 1974; Pag 99

MOSCA, G., & TIPLER, P. (2010). Física para la ciencia y la tecnología (6ta ed., Vol. 1). Barcelona, España: Reverté S.A.

MOTT,R. (2009). Diseño de elementos de máquinas . Ciudad de Juarez,Mexico: Pearson Educación.[p.38]

MOTT. ROBERT L. Diseño de elementos de máquinas. 4 edición. México: Pearson, 2006, 785p. ISBN 0130618853

REDICA [En Línea]. [Consultado: 12 de mayo del 2020] Disponible: redica.com.co/tabla-de-torques.html

SALAZAR. E. Universidad Nacional [En línea]. [Consultado el 20 de marzo del 2020]. Disponible en http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072_Parte1.pdf

SCHLATTER THE SECURE GROUP. History. [En Línea]. [Consultado: 9 de diciembre del 2019] Disponible en: <https://www.schlattergroup.com/en/about-us/history/>

SECURE FENCING PRODUCTS, ABOUT US. [En línea] [Consultado: 9 de diciembre de 2019] Disponible en: <https://www.securefencingproducts.in/profile.html>

SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en :<http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20S7.pdf>

SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20a2.pdf>

SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20CR8.pdf>

SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20D2.pdf>

SUMITEC. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo]. <http://www.sumiteccr.com/acero/herramienta/AH01.pdf>

THE NEW ZEALAND DIGITAL LIBRARY, cizallado [En línea] [Consultado el 10 de enero de 2020] disponible en: <http://www.nzdl.org/gsdImod?e=d-00000-00---off-0gtz--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1.3&d=HASH01e339ab3514bacd05f784f2.6>

UDC-SISMEC. [En Línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020]: Disponible en:http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Propiedades_aceros.pdf

UNILIBRE [En Línea]. [Consultado: el 12 de marzo del 2020] Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>

ANEXOS

ANEXO A

HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA



HOJA DE VIDA

ALAMBRES Y MALLAS S. A.



Fecha: 18/12/2019

Hora reporte: 10:30 AM

PAG.: 1 de 2

Datos básicos

Equipo: 002035 **Descripción:** ELECTRO SOLDADORA006 MALLA ROLLO **Referencia:** CR006

Otros datos

F. de Instalación: 14/03/2016	Estado: Activo	C.Costos.: CR006
F. de garantía:	C.O.: 201	Localidad: Almasa Venecia Trefilacion
Tipo Equipo: ELECTROSOLDADORA		Equipo padre:
Clasificador-1: Trefilacion o Mallas		Clasificador-2: ALMASA VENECIA
Producto: ELECTRO SOLDADORA 006		Capacidad: -
Marca: -		Modelo: MALLA ROLLO
Serial: -		Cod. de barras: 01091

Actividades/Trabajos de mantenimiento en 01/12/2017-18/12/2019-----

Fecha	Tipo	Actividad/Trabajo	Empresa que realiza
19/12/2017	Preventivo	Revisión de portaelectrodos	
19/12/2017	Preventivo	Revisión electrovalvulas	
19/12/2017	Preventivo	Revisión sistema de refrigeracion	
31/01/2018	Preventivo	Adecuacion sistema refrigeracion CR006	
31/01/2018	Preventivo	Cambio de rodamientos por desgaste	
31/01/2018	Preventivo	Reparacion sistema refrigeracion	
28/02/2018	Correctivo	Cambio de sensor.	
28/02/2018	Mejora	Mecanizar guias proyecto.Riec.para Malambo.	
28/02/2018	Preventivo	Mecanizar Pastillas CR006 (Malla Rollo)	
28/02/2018	Preventivo	CAMBIO DE SENSOR	
28/02/2018	Preventivo	Cambio de tubo por desgaste	
20/03/2018	Correctivo	cambio de tornilleria	
04/04/2018	Preventivo	AJUSTE CARRO DE AVANCE	
04/04/2018	Preventivo	Cambio de empaquetadura por desgaste.	
18/04/2018	Correctivo	Mecanizar cilindro cambio de medida	
28/05/2018	Correctivo	Cambio de rotula	
28/05/2018	Correctivo	Instalacion de vaquelita.	
28/05/2018	Correctivo	REPARACION DE FUGAS Y AJUSTE DE PORTA ELECTRODOS	
07/07/2018	Preventivo	Mecanizar cobre pastillas Soldadora malla rollo.	
23/07/2018	Apoyo	MECANIZADO DE ROTOR PARA BOMBA DE REFRIGERACION	
23/07/2018	Mejora	FABRICACIÓN PORTA ELECTRODO INFERIOR PARA MALLA ROLLO	
08/08/2018	Preventivo	Cambio de abrazadera.	
08/08/2018	Preventivo	Cambio de adaptador	
08/08/2018	Preventivo	Cambio de HORQUILLA PICILINDRO NEUM. DIAM 50	
08/08/2018	Correctivo	Cambio de tornillos por desgaste.	
08/08/2018	Preventivo	CAMBIO DE CILINDRO Y HORQUILLAS	
08/08/2018	Correctivo	Cambio de Racores.	
09/08/2018	Preventivo	Cambio de cilindro neumatico.	
09/08/2018	Correctivo	cambio de abrazaderas	
04/09/2018	Correctivo	FABRICACION DE BUJE Y MECANIZADO DE PORTAPASTILALS SUPERIOR	
10/09/2018	Preventivo	Cambio de tornilleria reparacion de porta pastillas.	
10/09/2018	Correctivo	REPARACION SISTEMA DE REFRIGERACION	
19/12/2018	Preventivo	Cambio de potenciómetro	
19/12/2018	Correctivo	Reparacion de motor y soporte.	
19/12/2018	Correctivo	Prisioneros para porta electrodos.	
19/12/2018	Apoyo	CORTE A 25MM DE COBRE CUADRADO DE 1"	
19/12/2018	Preventivo	Cobre para pastillas CR006.	
19/12/2018	Preventivo	Mantenimiento general maquina.	
21/12/2018	Preventivo	MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PORTAELECTRODOS, REFRIGERACION Y S	
10/01/2019	Preventivo	Cambio de basculante	
24/01/2019	Preventivo	Cambio de rodamientos por desgaste.	
05/03/2019	Correctivo	REPARACION BOMBA DE REFRIGERACION	
11/03/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE	
23/03/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE	
28/03/2019	Correctivo	AJUSTE CILINDROS DE SOLDADO	
04/04/2019	Mejora	FABRICACION DE PLATAFORMA PARA TANQUE DE REFRIGERACION	
11/04/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO SISTEMA DE SOLDADO BASE INFERIOR	
18/04/2019	Mejora	CAMBIO DE BLOQUES INFERIORES PARA SOLDADORA ROLLO	
03/05/2019	Correctivo	REPARACION CARRO DE AVANCE	
06/05/2019	Correctivo	CAMBIO DE HORQUILLA PORTAELECTRODO SUPERIOR	
20/05/2019	Correctivo	AJUSTE REDUCTOR ENROLLADOR	
24/05/2019	Correctivo	CAMBIO DE ESPARRAGOS A PORTA ELECTRODOS Y FABRICACION DE TUB	
07/06/2019	Correctivo	CAMBIO GUIAS DE ALAMBRE Y AJUSTE PORTAELECTRODOS	

HOJA DE VIDA

ALAMBRES Y MALLAS S. A.

Fecha: 18/12/2019

Hora reporte: 10:30 AM

PAG.: 2 de 2

Datos básicos

Equipo: 002035 Descripción: ELECTRO SOLDADORA006 MALLA ROLLO

Referencia: CR006

Actividades/Trabajos de mantenimiento en 01/12/2017-18/12/2019-----

Fecha	Tipo	Actividad/Trabajo	Empresa que realiza
10/06/2019	Preventivo	TORNILLERIA PARA SISTEMA GUIA MALLA ROLLO.	
12/06/2019	Preventivo	Cambio de manguera por desgaste	
12/06/2019	Preventivo	Cambio de bobina por desgaste.	
12/06/2019	Preventivo	Mantenimiento maquina.	
12/06/2019	Preventivo	Cambio de Racores por desgaste.	
12/06/2019	Correctivo	AJUSTE DE SOLDADORA	
13/06/2019	Correctivo	Rebobinar transformador y rectificar platinas de cobre Maquin	
15/06/2019	Correctivo	CAMBIO DE COMETIDA ELECTRICA POR PERDIDA DE AISLAMIENTO	
09/09/2019	Preventivo	Revisión camo de arrastre	
09/09/2019	Preventivo	Revisión de enrollador	
09/09/2019	Preventivo	Revisión electrovalvulas	
09/09/2019	Preventivo	Revisión sensores	
09/09/2019	Preventivo	Revisión de mesa o volteador	
09/09/2019	Preventivo	Revisión de portaelectrodos	
09/09/2019	Preventivo	Revisión cilindros	
09/09/2019	Preventivo	Revisión de transformadores	
09/09/2019	Preventivo	Revisión tablero de control	
09/09/2019	Preventivo	Revisión sistema de refrigeración	
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE VALVULAS SOLDADORA ROLLO	
09/09/2019	Mejora	COBRE PARA SISTEMA NUEVO PORTA ELECTRODO.	
09/09/2019	Mejora	TORNILLERIA PARA SISTEMA NUEVO DE PORTA ELECTRODO.	
09/09/2019	Mejora	FABRICACION DE SISTEMA PORTA ELECTRODO NUEVO.	
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE ROTULAS PARA EJES CILINDROS Y CILINDRO PARA UNAS.	
09/09/2019	Mejora	FABRICACION SISTEMA PORTA ELECTRODOS NUEVOS.	
09/09/2019	Mejora	TUERCA PARA SISTEMA NUEVO PORTA ELECTRODO	
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE HORQUILLAS POR DESGASTE EN LA ROSCA	
09/09/2019	Preventivo	Cambio de kit de reparación para cilindro.	
09/09/2019	Correctivo	AJUSTE CARRÓ DE AVANCE MALLA	
09/09/2019	Mejora	Fabricación de sistema ajuste cilindros para CR006	
09/09/2019	Preventivo	CAMBIO DE RACORES POR DESGASTE.	
09/09/2019	Mejora	FABRICACION GUIAS SOPORTES MAQUINA.	
09/09/2019	Correctivo	REPARACION FUGA DE AGUA	
09/09/2019	Mejora	Fabricación de piezas para malla rollo.	
09/09/2019	Preventivo	Cambio de tomilleria por desgaste.	
09/09/2019	Mejora	WASSA PARA SISTEMA PORTA ELECTRODO.	
09/09/2019	Correctivo	COBRE PARA SISTEMA PORTA ELECTRODOS.	
14/09/2019	Mejora	NUEVO SISTEMA ELEMENTOS PARA SOLDADOR MALLA ROLLO CR6	
06/11/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO GENERAL MAQUINA	
06/11/2019	Mejora	INTALACION TARGETA DE DISPARO CR006.	
06/11/2019	Preventivo	CAMBIO DE HORQUILLA POR DESGASTE.	
06/11/2019	Correctivo	MANTENIMIENTO SOLDADORA	
06/11/2019	Correctivo	REPARACIÓN PORTA ELECTRODOS	
06/11/2019	Correctivo	CAMBIO DE UNAS DE ARRASTRE PARA MALLA	

Fuente: Elaboración propia

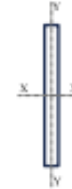
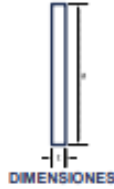
ANEXO B

CATALOGO PERFIL TIPO SOL

ASISTENCIA TÉCNICA >>>

SOL

SOLERA



Designación						Peso		Área	Eje X-X			Eje Y-Y			
PERFIL	h	a	t	h	a	kg/m	lb/ft		I	S	r	I	S	r	
	mm	x	mm	in	x	in		cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm		
SOL	25	x	3	1	x	1/8	0,63	0,43	0,81	0,43	0,34	0,73	0,01	0,01	0,49
SOL	25	x	5	1	x	3/16	0,95	0,64	1,21	0,65	0,51	0,73	0,02	0,02	0,34
SOL	25	x	6	1	x	1/4	1,27	0,85	1,61	0,87	0,68	0,73	0,05	0,04	0,18
SOL	25	x	8	1	x	5/16	1,58	1,06	2,02	1,08	0,85	0,73	0,11	0,08	0,23
SOL	25	x	10	1	x	3/8	1,90	1,28	2,42	1,30	1,02	0,73	0,18	0,14	0,27
SOL	25	x	13	1	x	1/2	2,53	1,79	3,23	1,73	1,37	0,73	0,43	0,34	0,37
SOL	32	x	3	1 1/4	x	1/8	0,79	0,53	1,01	0,85	0,53	0,82	0,01	0,01	0,89
SOL	32	x	5	1 1/4	x	3/16	1,19	0,80	1,51	1,27	0,86	0,82	0,03	0,02	0,34
SOL	32	x	6	1 1/4	x	1/4	1,58	1,06	2,02	1,69	1,07	0,82	0,07	0,04	0,18
SOL	32	x	8	1 1/4	x	5/16	1,97	1,33	2,52	2,12	1,33	0,82	0,13	0,08	0,23
SOL	32	x	10	1 1/4	x	3/8	2,37	1,60	3,02	2,54	1,66	0,82	0,23	0,14	0,27
SOL	32	x	13	1 1/4	x	1/2	3,16	2,13	4,03	3,39	2,13	0,82	0,34	0,34	0,37
SOL	32	x	16	1 1/4	x	5/8	3,96	2,66	5,04	4,23	2,67	0,82	1,06	0,47	0,46
SOL	32	x	19	1 1/4	x	3/4	4,75	3,19	6,05	5,08	3,29	0,82	1,83	1,15	0,55
SOL	32	x	25	1 1/4	x	1	6,33	4,25	8,08	6,77	4,27	0,82	4,34	2,73	0,73
SOL	38	x	5	1 1/2	x	3/16	1,42	0,96	1,81	2,20	1,15	1,10	0,03	0,02	0,14
SOL	38	x	6	1 1/2	x	1/4	1,90	1,28	2,42	2,93	1,54	1,10	0,08	0,04	0,18
SOL	38	x	8	1 1/2	x	5/16	2,37	1,59	3,02	3,66	1,82	1,10	0,16	0,08	0,23
SOL	38	x	10	1 1/2	x	3/8	2,85	1,91	3,63	4,39	2,20	1,10	0,27	0,14	0,27
SOL	38	x	13	1 1/2	x	1/2	3,80	2,55	4,84	5,85	3,07	1,10	0,65	0,34	0,37
SOL	38	x	16	1 1/2	x	5/8	4,75	3,19	6,05	7,32	3,94	1,10	1,27	0,47	0,46
SOL	38	x	19	1 1/2	x	3/4	5,70	3,83	7,26	8,78	4,61	1,10	2,28	1,15	0,55
SOL	38	x	25	1 1/2	x	1	7,60	5,10	9,68	11,71	6,15	1,10	5,28	2,73	0,73
SOL	44	x	5	1 3/4	x	3/16	1,66	1,12	2,12	3,49	1,57	1,36	0,04	0,02	0,14
SOL	44	x	6	1 3/4	x	1/4	2,22	1,49	2,82	4,65	2,09	1,36	0,09	0,04	0,18
SOL	44	x	8	1 3/4	x	5/16	2,76	1,86	3,53	5,81	2,61	1,36	0,19	0,08	0,23
SOL	44	x	10	1 3/4	x	3/8	3,32	2,23	4,23	6,97	3,14	1,36	0,32	0,14	0,27
SOL	44	x	13	1 3/4	x	1/2	4,43	2,98	5,65	9,29	4,18	1,36	0,76	0,34	0,37
SOL	44	x	16	1 3/4	x	5/8	5,54	3,72	7,08	11,62	5,23	1,36	1,48	0,47	0,46
SOL	44	x	19	1 3/4	x	3/4	6,65	4,47	8,47	13,94	6,27	1,36	2,56	1,15	0,55
SOL	44	x	25	1 3/4	x	1	8,86	5,95	11,29	18,99	8,36	1,36	6,07	2,73	0,73
SOL	51	x	5	2	x	3/16	1,90	1,28	2,42	3,70	2,05	1,47	0,05	0,02	0,14
SOL	51	x	6	2	x	1/4	2,53	1,79	3,23	4,94	2,73	1,47	0,11	0,04	0,18
SOL	51	x	8	2	x	5/16	3,16	2,12	4,03	6,07	3,41	1,47	0,21	0,08	0,23
SOL	51	x	10	2	x	3/8	3,80	2,55	4,84	7,41	4,10	1,47	0,37	0,14	0,27
SOL	51	x	13	2	x	1/2	5,06	3,40	6,45	10,47	5,46	1,47	0,67	0,34	0,37
SOL	51	x	16	2	x	5/8	6,33	4,25	8,08	13,34	6,83	1,47	1,09	0,47	0,46
SOL	51	x	19	2	x	3/4	7,60	5,10	9,68	16,81	8,19	1,47	2,03	1,15	0,55
SOL	51	x	25	2	x	1	10,13	6,81	12,80	22,75	10,82	1,47	4,94	2,73	0,73
SOL	51	x	38	2	x	1 1/2	15,19	10,21	18,35	41,82	16,39	1,47	23,41	9,22	1,30
SOL	57	x	6	2 1/4	x	1/4	2,85	1,91	3,63	5,40	3,46	1,65	0,12	0,04	0,18
SOL	57	x	8	2 1/4	x	5/16	3,55	2,39	4,54	6,75	4,32	1,65	0,24	0,08	0,23
SOL	57	x	10	2 1/4	x	3/8	4,27	2,87	5,44	8,62	5,19	1,65	0,41	0,14	0,27
SOL	57	x	13	2 1/4	x	1/2	5,70	3,83	7,26	11,76	6,91	1,65	0,88	0,34	0,37
SOL	57	x	16	2 1/4	x	5/8	7,12	4,79	9,07	14,09	8,64	1,65	1,51	0,67	0,46
SOL	57	x	19	2 1/4	x	3/4	8,55	5,74	10,89	16,83	10,37	1,65	3,29	1,15	0,55
SOL	57	x	25	2 1/4	x	1	11,39	7,88	14,52	21,51	13,03	1,65	7,80	2,73	0,73
SOL	57	x	32	2 1/4	x	1 1/4	14,24	9,67	18,15	28,39	17,38	1,65	15,24	5,33	0,82
SOL	57	x	38	2 1/4	x	1 1/2	17,09	11,48	21,77	35,27	20,74	1,65	26,34	9,22	1,30

Acero ASTM A-36 $\gamma = 2500 \text{ kg/cm}^3$
 Acero ASTM A-529 0.50 $\gamma = 3515 \text{ kg/cm}^3$
 Acero ASTM A-572 0.50 $\gamma = 3515 \text{ kg/cm}^3$
 Acero ASTM A-572 0.60 $\gamma = 4300 \text{ kg/cm}^3$

Los productos en franja amarilla, son de existencia frecuente.
 * La resistencia es sólo valor de referencia.
 ** Redondeado al milímetro.



Designación							Peso		Área	Eje X - X			Eje Y - Y		
**a	x	t								I	S	r	I	S	r
PERFIL	mm	x	mm	in	x	in	kg/m	lb/ft	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
SOL	102	x	6	4	x	1/4	5.06	3.40	6.45	55.50	10.92	2.93	0.22	0.04	0.18
SOL	102	x	8	4	x	5/16	6.32	4.25	8.06	69.37	13.66	2.93	0.42	0.08	0.23
SOL	102	x	10	4	x	3/8	7.60	5.10	9.68	83.25	16.39	2.93	0.73	0.14	0.27
SOL	102	x	11	4	x	7/16	8.86	5.95	11.29	97.12	19.12	2.93	1.16	0.23	0.32
SOL	102	x	13	4	x	1/2	10.13	6.81	12.90	111.00	21.85	2.93	1.73	0.34	0.37
SOL	102	x	16	4	x	5/8	12.66	8.51	16.13	138.75	27.31	2.93	3.39	0.67	0.46
SOL	102	x	19	4	x	3/4	15.19	10.21	19.35	166.50	32.77	2.93	5.85	1.15	0.55
SOL	102	x	25	4	x	1	20.26	13.61	25.81	221.99	43.70	2.93	13.87	2.73	0.73
SOL	102	x	32	4	x	1 1/4	25.32	17.01	32.26	277.49	54.62	2.93	27.10	5.33	0.92
SOL	102	x	38	4	x	1 1/2	30.38	20.42	38.71	332.99	65.55	2.93	46.83	9.22	1.10

Fuente: GERDAU CORSA, manual [en línea] [consultado: 8 abril de 2020] disponible en: https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/Manual_Perfiles_Estructurales_2019_new%20Validado-min.pdf

ANEXO C

FICHA TÉCNICA MALLA ELECTROSOLDADA TIPO ROLLO ALMASA S.A.



LA EVOLUCIÓN DEL ACERO

MALLA ELÉCTROSOLDADA
ROLLO

FICHA TÉCNICA



CÓDIGO: AC-F-26 / FECHA: FEB-10-2016

01

DEFINICIÓN

Es un arreglo bidireccional de alambres galvanizados superpuestos en sentido longitudinal y transversal, los cuales forman ángulos rectos entre sí e intersecciones unidas con soldaduras de contacto.

FABRICACIÓN DE MALLA ELÉCTROSOLDADA EN ROLLO

DIÁMETRO (mm)		SEPARACIÓN (cm)		LONGITUD ROLLO (m)	PESO ROLLO (kg)
LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.		
3,00	3,00	15	15	18,00	31,59
3,00	3,00	15	15	30,00	52,65
3,50	3,50	15	15	18,00	42,99
3,50	3,50	15	15	30,00	71,66

* La fabricación de Malla Electro-soldada de referencia 3,00 - 3,50 (N) son aptas para refuerzo estructural.

DIÁMETRO (mm)		SEPARACIÓN (cm)		LONGITUD ROLLO (m)	PESO ROLLO (kg)
LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.		
4,00	4,00	15	15	18,00	56,43
4,00	4,00	15	15	30,00	93,40

PRODUCTO

GENERALIDADES							
Presentación	Rollos x 18 y 30m						
Área Galvanizada	Un mínimo del 25% del área superficial total.						
Líneas de Resalte	Des o más líneas de Resalte (Tres líneas)						
Espaciamiento Longitudinal	Entre 3,5 y 5,5 por 25,2mm en cada línea de resalte sobre el Alambre						
Altares Promedio de los Resaltes	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <thead> <tr> <th>DIÁMETRO ALAMBRE</th> <th>% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mayor que 0,5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mayor que 0,50 y menor que 10,5</td> <td>4,5</td> </tr> </tbody> </table>	DIÁMETRO ALAMBRE	% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE	Mayor que 0,5	4	Mayor que 0,50 y menor que 10,5	4,5
DIÁMETRO ALAMBRE	% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE						
Mayor que 0,5	4						
Mayor que 0,50 y menor que 10,5	4,5						
Variación Permisible en Peso	±5% de su Peso Nominal						
Longitud del Panel	Puede variar un ±25mm (1Pulg) ó 1% de la Longitud, que sea Mayor						

USOS GENERALES

Uso Industrial.

MATERIA PRIMA

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
ACERO INOXID.	CARBONO	MANGANESO	FÓSFORO MÁXIMO	AZUFRE MÁXIMO
1906	0,08 máx.	0,25 a 0,43	0,040	0,008
1908	0,10 máx.	0,30 a 0,50	0,040	0,008
1910	0,08 a 0,13	0,30 a 0,48	0,040	0,008
1911	0,08 a 0,13	0,40 a 0,48	0,040	0,008
1912	0,10 a 0,13	0,30 a 0,48	0,040	0,008
1913	0,11 a 0,14	0,30 a 0,48	0,040	0,008
1915	0,13 a 0,18	0,30 a 0,48	0,040	0,008

Fuente: ALMASA S.A. FICHA TÉCNICA [en línea] [Consultado: 4 marzo de 2020] disponible en: <https://almasa.com.co/FichasTecnicas/Almasa-AC-F-026%20Ficha%20Te%CC%81cnica%20Malla%20Electrosoldada%20Rollo.pdf>

ANEXO D ELECTRODOS

Brocadur® CCNB material specifications		BROUWER METAAL <small>RESISTANCE WELDING COPPER ALLOYS</small>																					
Material number (DIN)	like 2.1285 (Similar)																						
Material no. UNS (ASTM)	C17500 (Similar)																						
International standard	R.W.M.A Class 3																						
Abbreviation	CuCoNiBe																						
Standard analysis (percent by weight)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Co</td> <td style="width: 25%;">Ni</td> <td style="width: 25%;">Be</td> <td style="width: 25%;">Cu</td> </tr> <tr> <td>0,8-1,3</td> <td>0,8-1,3</td> <td>0,4-0,7</td> <td>remainder</td> </tr> </table>		Co	Ni	Be	Cu	0,8-1,3	0,8-1,3	0,4-0,7	remainder													
Co	Ni	Be	Cu																				
0,8-1,3	0,8-1,3	0,4-0,7	remainder																				
Material description	Hardenable Cu-alloy with high electrical and thermal conductivity with a high degree of hardness and strength.																						
Applications	<ul style="list-style-type: none"> - Electrodes for resistance welding and resistance roller seam welding especially of stainless and heatresistant steels - Upsetting electrodes, electrode jaws and UP nozzles - Sealing clamps and plates for plastic welding machinery - Plungers tips in cold chamber die cast machines - Nozzles for hot channel systems - Inserts in plastic blow moulding and plastic injection moulding 																						
Mechanical properties (at 20° C)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">Condition</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;">hardened</td> </tr> <tr> <td>hardness (average)</td> <td>HB 10/2,5</td> <td>220-280</td> </tr> <tr> <td>tensile strength</td> <td>N-mm²</td> <td>min. 750</td> </tr> <tr> <td>tensile yield strenght</td> <td>N-mm²</td> <td>min. 600</td> </tr> <tr> <td>A 5 elongation</td> <td>%</td> <td>min. 8</td> </tr> <tr> <td>Modules of elasticity</td> <td>N-mm²</td> <td>135 x 10³</td> </tr> <tr> <td>Softening temp.</td> <td>°C</td> <td>min. 480</td> </tr> </table>		Condition		hardened	hardness (average)	HB 10/2,5	220-280	tensile strength	N-mm ²	min. 750	tensile yield strenght	N-mm ²	min. 600	A 5 elongation	%	min. 8	Modules of elasticity	N-mm ²	135 x 10 ³	Softening temp.	°C	min. 480
Condition		hardened																					
hardness (average)	HB 10/2,5	220-280																					
tensile strength	N-mm ²	min. 750																					
tensile yield strenght	N-mm ²	min. 600																					
A 5 elongation	%	min. 8																					
Modules of elasticity	N-mm ²	135 x 10 ³																					
Softening temp.	°C	min. 480																					
Physical properties (at 20° C)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">Specific weight</td> <td style="width: 25%;">g cm³</td> <td style="width: 25%;">8,8</td> </tr> <tr> <td>Specific heat</td> <td>J g.K</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>Thermal conductivity</td> <td>W m.K</td> <td>20° C env. 240 300° C env. 260</td> </tr> <tr> <td>Coefficient of expansion (20-200° C)</td> <td>1 K</td> <td>17,2 x 10-6</td> </tr> <tr> <td>Electrical conductivity</td> <td>MS m</td> <td>min. 25 min. 45% IACS</td> </tr> <tr> <td>Electrical resistance</td> <td>Ohm . mm² m</td> <td>0,033-0,05</td> </tr> </table>		Specific weight	g cm ³	8,8	Specific heat	J g.K	0,42	Thermal conductivity	W m.K	20° C env. 240 300° C env. 260	Coefficient of expansion (20-200° C)	1 K	17,2 x 10-6	Electrical conductivity	MS m	min. 25 min. 45% IACS	Electrical resistance	Ohm . mm ² m	0,033-0,05			
Specific weight	g cm ³	8,8																					
Specific heat	J g.K	0,42																					
Thermal conductivity	W m.K	20° C env. 240 300° C env. 260																					
Coefficient of expansion (20-200° C)	1 K	17,2 x 10-6																					
Electrical conductivity	MS m	min. 25 min. 45% IACS																					
Electrical resistance	Ohm . mm ² m	0,033-0,05																					

Fuente: Suministrada por la empresa

ANEXO E

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS


1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

Fuente: UDC-SISMEC. [En Línea]. [Consultado: 28 de febrero del 2020]:
 Disponible en: http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Propiedades_aceros.pdf

ANEXO F

ACERO SISA S7

Acero SISA S7
acero para golpe y choque
ACEROS

desde 1942

SERVICIO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Color de distinción

rojo	blanco	rojo
------	--------	------

CARACTERÍSTICAS

Acero grado herramienta resistente al golpe y choque de gran tenacidad junto con resistencia al desgaste media. Ha sido utilizado por muchos años para la fabricación de cinceles y punzones expuestos al choque y golpe. Es utilizado con éxito para moldes de plástico pequeños. Alcanza dureza al núcleo y en muchos casos (excepto en secciones grandes) puede ser enfriado al aire, exhibiendo una mínima distorsión al templarse. Debido a su relativa alta dureza obtenible (58/60 HRC), ofrece una alta resistencia a la compresión (resistencia a la deformación) manteniendo una buena tenacidad.

El acero SISA S7 es un muy versátil para aplicaciones de trabajo en frío y trabajo en tibia y es de fácil maquinado en estado recocido.

APLICACIONES TÍPICAS

Estampado y Formado	Punzones para Pastillas
Matrices y Punzones	Farmacéuticas
Troquelado y Perforado	Cuchillas para Corte de Chatarra
Troquelado Fino	Dados Cabeceadores en Frío y en Tibio
Dados para Clavar	Moldes para Fundición de Zinc a Presión
Cinceles	Moldes de Plástico

COMPOSICIÓN QUÍMICA - % PROMEDIO

C	Mn	Si	Cr	Mo	V
0.55	0.70	0.35	3.25	1.40	0.25

NORMAS

SAE / AISI	DIN	JIS
S7	- 1.2550	---

MAQUINABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD

La maquinabilidad y rectificabilidad en estado recocido es aproximadamente un 75% de un acero tipo W1 (1% C).

Para datos adicionales o asistencia en ingeniería metalúrgica y aplicaciones, acudir al departamento técnico de SISA.

SISA S7

PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Elasticidad 30 psi x 10⁶ (207 GPa)
Densidad 7830 kg/m³ (0.283 lb/in³)
Conductibilidad Térmica
 BTU/hr-ft²-°F W/m²-K cal/cm-s-°C

a 95°C (200°F) 16.5 28.5 0.0680

Coefficiente de Dilatación Térmica

°C	°F	mm/mm°C	in/in°F
20-205	70-400	12.6x10 ⁻⁶	7.0x10 ⁻⁶
20-400	70-750	13.1x10 ⁻⁶	7.3x10 ⁻⁶
20-540	70-1000	13.7x10 ⁻⁶	7.6x10 ⁻⁶

PROPIEDADES MECÁNICAS

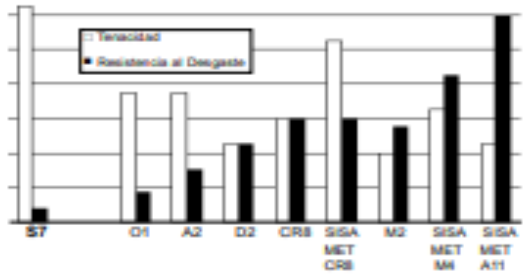
	Temperatura ⁽¹⁾ de Temple °C	°F	Dureza HRC	Resistencia ⁽²⁾ al Impacto ft.-lb. (J)	Resistencia ⁽³⁾ al Desgaste Adhesivo
S7	955	1750	57	125 (168)	1
H13	1010	1850	45	175* (237*)	---
O1	800	1475	60	30 (41)	1.5
A2	955	1750	60	40 (53)	2-3
D2	1010	1850	60	21 (28)	3-4
SISA MET CR8	1065	1950	62	70 (95)	5-6

(1) Tratamiento Térmico: Templado según se indica con revenido a la dureza.
 (2) Prueba de Impacto Entalla Charpy C.
 (3) Valores relativos.
 * (el número mayor representa resistencia al desgaste superior).
 * H13 - Resistencia al Impacto es estimado a partir de Entalla Charpy V.

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

El Acero SISA S7 puede ser nitrurado, recubierto con TIN (nitruro de titanio), cromo duro o recubrimiento de níquel. Sin embargo, el S7 usualmente no es nitrurado ya que el tratamiento térmico efectuado antes del nitrurado debe incluir revenidos a temperaturas superiores a las utilizadas en el nitrurado de lo cual generalmente resultan durezas menores al las normales.

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES



Nota: Las propiedades indicadas en esta hoja técnica son valores típicos. Variaciones normales en la química, tamaño y condiciones de tratamiento térmico pueden producir desviaciones de estos valores. Las aplicaciones indicadas son típicas. No se debe intentar su aplicación específica sin un estudio independiente y una evaluación de funcionalidad.

TRATAMIENTO TÉRMICO**Forjar**

1050-850°C (1920-1560°F)

No forjar por debajo de 825°C (1520°F), enfriamiento lento en horno o material termoaislante.

Recocer

Calentamiento a 845°C (1550°F), mantener 2 horas, enfriamiento lento 30°C (50°F) por hora hasta alcanzar 540°C (1000°F), posterior enfriamiento al aire.

Recocido alternativo - Calentamiento a 845°C (1550°F), mantener 2 horas, enfriamiento a 760°C (1400°F), mantener 4 horas, posterior enfriamiento al aire.

Dureza en Estado Recocido BHN 187/220**Relevado de Tensiones****Material Recocido** 650-675°C (1200-1250°F) Mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire quieto.**Material Templado** Calentar 15-30°C (25-50°F) por debajo de la temperatura de revenido, mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire quieto.

Recomendable para reducir las tensiones causadas por un extenso maquinado en caso de herramientas de configuración complicada y para reducir las tensiones después de un proceso de electro-erosión.

Enderezado

Preferible a 205-425°C (400-800°F).

TEMPLE**Precalear**

730-760°C (1350-1400°F) - Normalizar.

Temple (Austenización)

940-955°C (1725-1750°F) - Mantener 30 a 45 minutos a temperatura.

Enfriamiento

Al aire, aceite o enfriamiento con presión positiva (2 bar mínimo) o al aceite por debajo de 150°F (65°C). Secciones mayores a 3" (76 mm) pueden requerir enfriamiento al aceite a 540-595°C (1000-1100°F), posterior enfriamiento al aire hasta 50-70°C (120-160°F).

Revenir inmediatamente.

Revenir

205 - 540°C (400 - 1000°F) - Doble revenido es necesario. Revenir por un mínimo de 2 horas por cada revenido o por lo menos 1 hora por cada pulgada (25 mm) de espesor para secciones arriba de 2" (50 mm) de espesor. Enfriar a temperatura ambiente entre revenidos.

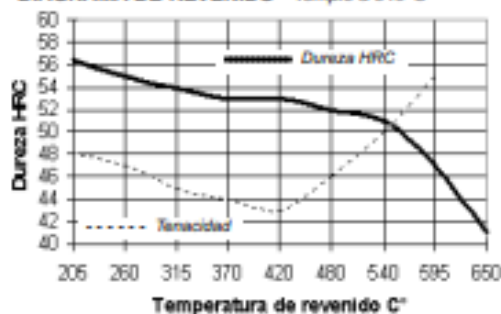
Cambio dimensional durante Tratamiento Térmico

+0.001in/in (0.10%) al ser enfriado al aire desde 940-955°C (1725-1750°F) y revenido a 250°C (400°F).

RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO**Dureza y Tenacidad al Impacto**

Temperatura de Revenido	Temple a 940°C (1725°F) Enfriamiento al Aire		
	HRC	Entalla Charpy C Ft. lbs.	Joules
Temple al Aire	59-61	46	62
205°C - (400°F)	55-58	126	171
260°C - (500°F)	54-56	125	169
315°C - (600°F)	53-55	115	156
370°C - (700°F)	52-54	105	142
420°C - (800°F)	52-54	102	138
480°C - (900°F)	51-53	120	163
540°C - (1000°F)	50-52	150	203
595°C - (1100°F)	46-48	190	257
650°C - (1200°F)	40-42	---	---
705°C - (1300°F)	33-35	---	---

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza. Enfriamiento al vacío o en atmósfera puede resultar hasta en 1-3 puntos HRC menos.

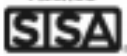
DIAGRAMA DE REVENIDO - Temple a 940°CServicio Industrial, S.A. de C.V.
www.servicioindustrial.com.mxAceros Especiales Grados Herramienta y Maquinaria
Aceros SISA-MET® de Metalurgia en Polvo (PM)
Piezas Industriales ForjadasCiudad de México: Naranjos 6 - Col. San Francisco Cuauhtlan, Naucalpan - cp 53569, Estado de México
Tel - (55) 5576-4011 Fax - (55) 5576-4997 sisa@sisa1.com.mxMonterrey: Guerrero Norte 4120 - Col. del Norte, Monterrey - cp 64500, Nuevo León
Tel - (81) 8351-7220 Fax - (81) 8351-2981 sisaamty@sisa1.com.mx

ANEXO G

ACERO SISA D2

Acero SISA D2
acero para trabajo en frío

ACEROS



desde 1948

SERVICIO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Color de distinción azul claro amarillo

CARACTERÍSTICAS

Acero al alto carbón y alto cromo. Dimensionalmente estable de excelente rendimiento al corte y resistencia al desgaste. Especialmente apto para temple al aire.

APLICACIONES TÍPICAS

Estampado y Formado	Partes de Desgaste
Matrices y Punzones	Dados de Laminación
Troquelado y Perforado	Insertos para Moldes
Rodillos	Cuchillas, Sitters y Cizallas
Troquelado Fino	
Dados para Acuñado	Husillos y Puntas para Inyección de Plástico
Herramientas de Roscado	Cuchillas para Molino de Plástico
Trituradoras de Liantas	
Herramientas para Rebabear	

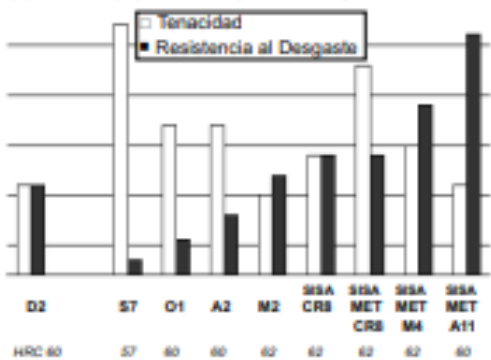
COMPOSICIÓN QUÍMICA - % PROMEDIO

C	Mn	Si	Cr	Mo	V
1.55	0.35	0.35	11.80	0.85	0.85

NORMAS

SAE / AISI	DIN	JIS
D2	1.2379	SKD 11

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES



D2	S7	O1	A2	M2	SISA CR8	SISA MET CR8	SISA MET M4	SISA MET A11
HRC 60	57	60	60	62	62	62	62	60

SISA DE

PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Elasticidad 30 psi x 10⁴ (207 GPa)

Densidad 7695 kg/m³ (0.278 lb/in³)

Conductibilidad Térmica¹

	BTU/hr-ft ²	W/m ² K	cal/cm-s-°C
a 95°C (200°F)	12.1	20.9	0.0500
a 205°C (400°F)	13.0	22.5	0.0538
a 315°C (600°F)	14.0	24.2	0.0579
a 425°C (800°F)	14.6	25.3	0.0604
a 540°C (1000°F)	14.8	25.6	0.0612

¹ Temple a 1010°C/1 hr - Revenido 205°C/3 hr.

Coefficiente de Dilatación Térmica

°C	°F	mm/mm-°C	in/in-°F
20-95	70-200	10.4x10 ⁻⁶	5.8x10 ⁻⁶
20-205	70-400	11.3x10 ⁻⁶	6.3x10 ⁻⁶
20-315	70-600	11.8x10 ⁻⁶	6.6x10 ⁻⁶
20-425	70-800	12.2x10 ⁻⁶	6.8x10 ⁻⁶
20-540	70-1000	12.6x10 ⁻⁶	7.0x10 ⁻⁶

PROPIEDADES MECÁNICAS

	Temperatura ⁽¹⁾ de Temple °C	Dureza °F	HRC	Resistencia ⁽²⁾ al Impacto Ft.-lb. (J)	Resistencia ⁽³⁾ al Desgaste Adhesivo
D2	1010	1850	60	21 (28)	3-4
S7	955	1750	57	125 (165)	1
A2	955	1750	60	40 (53)	2-3
SISA-CR8	1065	1950	62	30 (40)	5-6
SISA-MET CR8	1065	1950	62	70 (95)	5-6
M2	1120	2050	62	20 (27)	8-10
SISA-MET M4	1120	2050	62	32 (43)	20-25
SISA-MET A11	1175	2150	63	14 (19)	90

(1) Tratamiento Térmico: Templado según se indica con revenido a la dureza.
(2) Prueba de Impacto Entalpe Charpy C.
(3) Valores relativos.
(el número mayor representa resistencia al desgaste superior).

CAMBIO DIMENSIONAL DURANTE TRATAMIENTO TÉRMICO

Temperatura de Temple		Temperatura de Revenido		Dureza	Cambio Longitudinal en Medida %
°C	°F	°C	°F	HRC	
1010	1850	205	400	61	+0.025
1010	1850	315	600	59	-0.010
1010	1850	425	800	58	-0.017
1010	1850	540	1000	56	-0.006

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

El Acero SISA D2 puede ser nitrurado, recubierto con TIN (nitruro de titanio) o cromo duro. Cuando se utilizan recubrimientos superficiales, templar a rango de temperaturas altas de austenización (1070°C) y revenir de acuerdo a la gráfica de revenido (>510°C).

Nota: Las propiedades indicadas en esta hoja técnica son valores típicos. Variaciones normales en la química, tamaño y condiciones de tratamiento térmico pueden producir desviaciones de estos valores. Las aplicaciones indicadas son típicas. No se debe intentar su aplicación específica sin un estudio independiente y una evaluación de factibilidad. Para datos adicionales o asistencia en ingeniería metalúrgica y aplicaciones, acudir al departamento técnico de SISA.

SISA D2**TRATAMIENTO TÉRMICO****Forjar**

1050-850°C (1920-1560°F)

No forjar por debajo de 825°C (1520°F), enfriamiento lento en horno o material termoaislante.

Recocer

Calentamiento a 870°C (1600°F), mantener 2 horas, enfriamiento lento 15°C (25°F) por hora hasta alcanzar 540°C (1000°F), posterior enfriamiento al aire.

Recocido Alternativo Calentamiento a 870°C (1600°F), mantener 2 horas, enfriamiento a 775°C (1425°F), mantener 6 horas, posterior enfriamiento al aire.**Dureza en Estado Recocido** BHN 221/225**Relievado de Tensiones****Material Recocido** 650-675°C (1200-1250°F) Mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.**Material Templado** Calentar 15-30°C (25-50°F) por debajo de la temperatura de revenido, mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.

Recomendable para reducir las tensiones causadas por un extenso maquinado en caso de herramientas de configuración complicada y para reducir las tensiones después de un proceso de electro-erosión.

Enderezado

Preferible a 205-425°C (400-800°F).

TEMPLE**Precalear**

595-650°C (1100-1200°F) - Normalizar.

Posteriormente a 760-790°C (1400-1450°F) - Normalizar.

Temple (Austenización)

995-1025°C (1825-1875°F) - Mantener 30 a 45 minutos a temperatura.

Enfriamiento

Al aire, aceite o enfriamiento con presión positiva (2 bar mínima) a 65°C (150°F). Tratamiento en baño de sales, cuando es práctico, asegura la máxima tenacidad alcanzable para un tratamiento térmico.

Revenir inmediatamente.

Revenir

205-540°C (400-1000°F) - Doble revenido es necesario. Revenir por un mínimo de 2 horas por cada revenido o por lo menos 1 hora por cada pulgada (25 mm) de espesor para secciones arriba de 2" (50 mm) de espesor. Enfriar a temperatura ambiente entre revenidos.

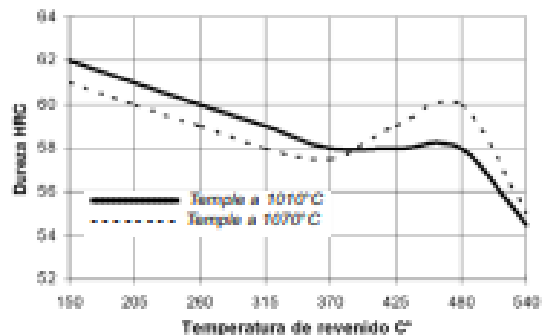
RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO**Dureza y Tenacidad al Impacto**

Temperatura de Revenido	Temple a 1010°C (1850°F) Enfriamiento al Aire	
	HRC	Entalla Charpy C Fl. lbs. Joules
Temple al Aire	63	— —
150°C - (300°F)	62	17 23
205°C - (400°F)	61	21 29
260°C - (500°F)	60	23 31
315°C - (600°F)	59	22 30
380°C - (700°F)	58	22 30
425°C - (800°F)	58	21 29
480°C - (900°F)	58	21 29
540°C - (1000°F)	55	19 26

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza. Enfriamiento al vacío o en atmósfera puede resultar hasta en 1-2 puntos HRC menos.

MAQUINABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD

La maquinabilidad y rectificabilidad en estado recocido es aproximadamente un 35% de un acero tipo W1 (1% C).

DIAGRAMA DE REVENIDO

Servicio Industrial, S.A. de C.V.

www.servicioind.com.mx

Aceros Especiales Grados Herramienta y Maquinaria
 Aceros SISA-MET® de Metalurgia en Polvo (PM)
 Piezas Industriales Forjadas

Ciudad de México: Naranjos 6 - Col. San Francisco Cuauhtlapan, Naucalpan - cp 53509, Estado de México

Tel - (55) 5576-6011 Fax - (55) 5576-6997 sisa@sisa1.com.mx

Monterrey: Guerrero Norte 4120 - Col. del Norte, Monterrey - cp 64500, Nuevo León

Tel - (81) 8351-7220 Fax - (81) 8351-2981 sisamty@sisa1.com.mx

Car. D2 12/12 © Derechos Reservados, México DF 2012 Servicio Industrial, S.A. de C.V. SISA® y SISA-MET® son Marcas Registradas Impreso en México

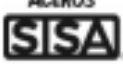
Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo].
 Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20D2.pdf>

ANEXO H

ACERO SISA A2

Acero SISA A2
acero para trabajo en frío

ACEROS



desde 1948

SERVICIO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Color de distinción verde blanco

CARACTERÍSTICAS

Acero grado herramienta de media aleación (medio carbón, medio cromo), de temple al aire que alcanza durezas de 60-62 HRC. Su resistencia al desgaste es entre los aceros temple al aceite (O1) y los aceros de alto cromo / carbón (D2). Al ofrecer la combinación de buena tenacidad así como moderada resistencia al desgaste, se ha usado ampliamente por muchos años en una variedad de aplicaciones de trabajo en frío que requieren buena resistencia a la abrasión pero en donde los aceros de alto cromo / carbón sufren despostillado o fractura.

El acero SISA A2 es de fácil maquinado en estado recocido y como los otros aceros herramienta de temple al aire, exhibe mínima distorsión durante al temple, haciéndolo una excelente elección para herramientas de configuración complicada.

APLICACIONES TÍPICAS

Estampado y Formado Matrices y Punzones Troquelado y Perforado Troquelado Fino Dados para Acuñado Herramientas de Roscado Herramientas para Rebabear Insertos para Moldes	Partes de Desgaste Dados de Laminación Punzones para Pastillas Farmacéuticas Cuchillas para Corte de Chatarra y Sitters Herramientas para Embutido
--	--

COMPOSICIÓN QUÍMICA - % PROMEDIO

C	Mn	Si	Cr	Mo	V
1.00	0.85	0.30	5.25	1.10	0.25

NORMAS:

SAE / AISI	DIN	JIS
A2	1.2363	SKD 12

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

El Acero SISA A2 puede ser nitrurado, recubierto con TiN (nitruro de titanio) o cromo duro. Cuando se utilizan recubrimientos superficiales, templar al rango de temperaturas altas de austenización y revenir a la misma temperatura o superior a la del tratamiento superficial.

SISA A2

PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Elasticidad 30 psi x 10⁶ (207 GPa)

Densidad 76861 kg/m³ (0.284 lb/in³)

Conductibilidad Térmica

	BTU/hr-ft ² -°F	W/m ² -K	cal/cm-s-°C
a 95°C (200°F)	15	26	0.0620

Coefficiente de Dilatación Térmica

°C	°F	mm/mm-°C	in/in-°F
20-260	70-500	10.6x10 ⁻⁶	5.91x10 ⁻⁶
20-425	70-800	12.9x10 ⁻⁶	7.19x10 ⁻⁶
20-540	70-1000	14.0x10 ⁻⁶	7.76x10 ⁻⁶
20-650	70-1200	14.2x10 ⁻⁶	7.91x10 ⁻⁶

PROPIEDADES MECÁNICAS

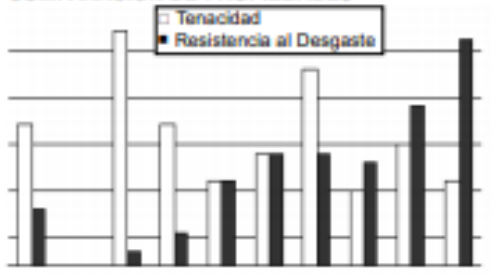
	Temperatura ⁽¹⁾ de Temple		Dureza al Impacto HRC	Resistencia al Impacto ft.-lb. (J)	Resistencia al Desgaste Adhesivo
	°C	°F			
A2	955	1750	60	40 (53)	2-3
S7	955	1750	57	125 (165)	1
D2	1010	1850	60	21 (28)	3-4
SISA CR8	1065	1950	62	30 (40)	5-6
SISA-MET CR8	1065	1950	62	70 (95)	5-6
M2	1120	2050	62	20 (27)	8-10
SISA-MET M4	1120	2050	62	32 (43)	20-25
SISA-MET A11	1175	2150	63	14 (19)	90

(1) Tratamiento Térmico: Templado según se indica con revenido a la dureza.
(2) Prueba de Impacto Entalla Charpy C.
(3) Valores relativos.
(4) El número mayor representa resistencia al desgaste superior.

CAMBIO DIMENSIONAL DURANTE TRATAMIENTO TÉRMICO

Temperatura de Temple		Temperatura de Revenido		Dureza HRC	Cambio Longitudinal en Medida %
°C	°F	°C	°F		
970	1775	205	400	61	+0.07
970	1775	260	500	59	+0.10
970	1775	315	600	58	+0.09

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES



■ Tenacidad
■ Resistencia al Desgaste

A2	S7	O1	D2	SISA CR8	SISA MET CR8	M2	SISA MET M4	SISA MET A11
HRC 60	57	60	60	62	62	62	62	60

Nota: Las aplicaciones indicadas son típicas. No se debe intentar su aplicación específica sin un estudio independiente y una evaluación de factibilidad.

SISA A2**TRATAMIENTO TÉRMICO****Forjar**

1050-850°C (1920-1560°F)

No forjar por debajo de 825°C (1520°F), enfriamiento lento en horno o material termoaislante.

Recocer

Calentamiento a 870°C (1600°F), mantener 2 horas, enfriamiento lento 30°C (50°F) por hora hasta alcanzar 650°C (1200°F), posterior enfriamiento al aire.

Recocido alternativo Calentamiento a 870°C (1600°F), mantener 2 horas, enfriamiento a 760°C (1400°F), mantener 6 horas, posterior enfriamiento al aire.**Dureza en Estado Recocido** BHN 197/241**Relievado de Tensiones****Material Recocido** 650-675°C (1200-1250°F) Mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.**Material Templado** Calentar 15-30°C (25-50°F) por debajo de la temperatura de revenido, mantener 2 horas después de calentamiento al núcleo, enfriamiento lento en horno o al aire.

Recomendable para reducir las tensiones causadas por un extenso maquinado en caso de herramientas de configuración complicada y para reducir las tensiones después de un proceso de electro-erosión.

Enderezado

Preferible a 205-425°C (400-800°F).

TEMPLE**Precalentar**

595-650°C (1100-1250°F) - Normalizar, posteriormente a 730-790°C (1350-1450°F) - Normalizar.

Temple (Austenización)

955-980°C (1750-1800°F) - Mantener 30 a 45 minutos a temperatura.

Enfriamiento

Al aire, aceite o enfriamiento con presión positiva (2 bar mínimo) a 150°F (65°C). Tratamiento en baño de sales, cuando es práctico, asegura la máxima tenacidad alcanzable para un tratamiento térmico. Revenir inmediatamente.

Nota: Las propiedades indicadas en esta hoja técnica son valores típicos. Variaciones normales en la química, tamaño y condiciones de tratamiento térmico pueden producir desviaciones de estos valores. Para datos adicionales o asistencia en ingeniería, metalurgia y aplicaciones, acudir al departamento técnico de SISA.**Revenir**

205-540°C (400-1000°F) - Doble revenido es necesario.

Revenir por un mínimo de 2 horas por cada revenido o por lo menos 1 hora por cada pulgada (25 mm) de espesor para secciones arriba de 2" (50 mm) de espesor. Enfriar a temperatura ambiente entre revenidos.

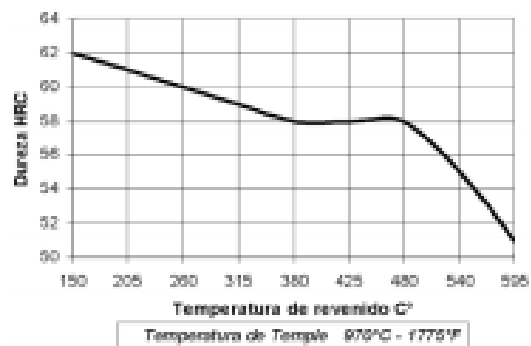
RESPUESTA AL TRATAMIENTO TÉRMICO**Dureza y Tenacidad al Impacto**

Temperatura de Revenido	HRC	Entalla Charpy C	
		FL lbs.	Joules
Temple al Aire	64	—	—
150°C - (300°F)	62	—	—
205°C - (400°F)	61	31	42
260°C - (500°F)	60	41	56
315°C - (600°F)	59	37	50
380°C - (700°F)	58	33	45
425°C - (800°F)	58	31	42
480°C - (900°F)	58	29	39
540°C - (1000°F)	55	41	56

Temple a 970°C (1775°F) Enfriamiento al Aire

Los resultados pueden variar dependiendo del método de temple y el tamaño de la pieza. Enfriamiento al vacío o en atmósfera puede resultar hasta en 1-2 puntos HRC menos.**MAQUINABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD**

La maquinabilidad y rectificabilidad en estado recocido es aproximadamente un 50% de un acero tipo W1 (1% C).

DIAGRAMA DE REVENIDO

Servicio Industrial, S.A. de C.V.

www.servicio.com.mx

Aceros Especiales Grados Herramienta y Maquinaria
Aceros SISA-MET® de Metalurgia en Polvo (PM)
Piezas Industriales Forjadas

Ciudad de México: Naranjos 6 - Col. San Francisco Cuauhtlpan, Naucalpan - cp 53069, Estado de México
 Tel - (55) 5576-4911 Fax - (55) 5576-4997 sisa@sisa1.com.mx

Monterrey: Guerrero Norte 4120 - Col. del Norte, Monterrey - cp 64500, Nuevo León
 Tel - (81) 8351-7220 Fax - (81) 8351-2981 sisa1mty@sisa1.com.mx

Car. A2 12/12 © Derechos Reservados, México DF, 2012 Servicio Industrial, S.A. de C.V. SISA® y SISA-MET® son Marcas Registradas. Impreso en México

Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo].
 Disponible en: <http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20a2.pdf>


ANEXO I

ACERO SISA CR8

Acero SISA CR8

Acero para Trabajo en Frío

ACEROS



desde 1942

SERVICIO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Color de distinción: azul claro rojo amarillo

CARACTERÍSTICAS

SISA-CR8 es un acero grado herramienta de temple al aire que alcanza durezas de 60-64 HRC. Esta diseñado como una mejora al D2 ya que ofrece mayor resistencia al desgaste, mayor tenacidad y alcanza durezas más altas. Comparado con el D2 que contiene 1.55% de carbón, 11.8% de cromo, 0.8% de vanadio y 0.9% de molibdeno, SISA-CR8 contiene menos carbón, menos cromo, más vanadio y lleva tungsteno. La micro estructura del D2 y del SISA-CR8 contienen carburos para resistencia al desgaste, pero el SISA-CR8 contiene más carburos de vanadio que el D2. Los carburos de vanadio son más duros que los carburos de cromo y son mucho más efectivos en proveer resistencia al desgaste. Además, SISA-CR8 contiene menos carbón que el D2, por lo tanto su contenido total de carburos es menor y esto lo hace más tenaz que el D2. Aunque el SISA-CR8 contiene menor cantidad total de carburos, lleva mayor cantidad de los carburos que son más efectivos para la resistencia al desgaste. La dureza superior alcanzable del SISA CR8 resulta del hecho de que contiene suficiente tungsteno y molibdeno para causar una respuesta secundaria, (hasta HRC 64), lo cual no ocurre con el D2. Finalmente, el acero SISA-CR8 se reviene a una temperatura superior (480-565°C) que el D2 (205-315°C), por lo tanto es compatible con una amplia variedad de tratamientos superficiales.

COMPOSICIÓN QUÍMICA - % PROMEDIO

C	Si	Mn	Cr	V	W	Mo
1.10	1.10	0.35	7.75	2.40	1.10	1.60

APLICACIONES TÍPICAS

Estampado y Formado	Matrices y Punzones
Troquelado y Perforado	Rodillos
Troquelado Fino	Dados para Acuñado
Herramientas de Roscado	Trituradoras de Llantas
Herramientas para Rebabeear	Partes de Desgaste
Cuchillas, Slitters y Cizallas	Dados de Laminación
Husillos y Puntas para Inyección de Plástico	
Cuchillas para Corte de Chatarra y para Molino de Plástico	

Nota: Las propiedades indicadas en esta hoja técnica son valores típicos. Variaciones normales en la química, tamaño y condiciones de tratamiento térmico pueden producir desviaciones de estos valores. Para obtener datos adicionales o asistencia en ingeniería metalúrgica y aplicaciones, acudir al departamento técnico de SISA.

SISA CR8

PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Elasticidad 30-32 psi X 10⁶ (207-221 GPa)

Densidad 0.281 lbs./in³ (7778 kg/cm³)

Conductividad Térmica

	BTU/hr-ft ² -F	W/m ² -K	cal/cm-s ² -C
a 95°C (200°F)	13.6	23.5	0.056

Coefficiente de Dilatación Térmica

	in/in/°F	mm/mm/°C
20- 325°C (70-600°F)	6.2X10 ⁻⁶	(11.2X10 ⁻⁶)

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia al Desgaste

SISA-CR8 ofrece mejor resistencia al desgaste que el AISI D2, acercándose a la del AISI M2.

Resistencia al Impacto

SISA-CR8 tiene mayor tenacidad que el AISI D2, acercándose a la del AISI A2.

NOTA: El bajar la temperatura de temple reduce el tamaño de grano aumentando la tenacidad (resistencia al impacto).

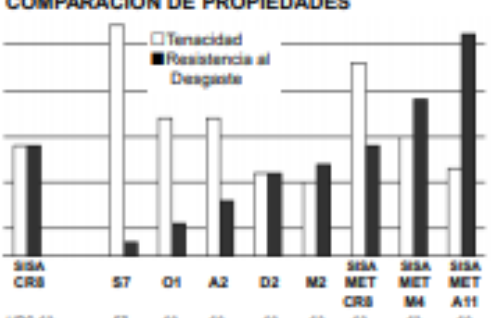
	Temperatura ⁽¹⁾ de Temple		Resistencia ⁽²⁾ al Impacto		Resistencia ⁽³⁾ al Desgaste
	°C	°F	HRC	ft.-lb. (J)	Adhesivo
SISA-CR8	1065	1950	62	30 (40)	5-6
S7	955	1750	57	125 (165)	1
A2	955	1750	60	40 (53)	2-3
D2	1010	1850	60	21 (28)	3-4
SISA-MET CR8	1965	1950	62	70 (95)	5-6
M2	1120	2050	62	20 (27)	8-10
SISA-MET M4	1120	2050	62	32 (43)	20-25
SISA-MET A11	1175	2150	63	14 (19)	90

(1) Tratamiento Térmico: Templado según se indica con revenido a la dureza.
(2) Prueba de Impacto Entalla Charpy C.
(3) Valores relativos.
(4) El número mayor representa resistencia al desgaste superior.

MAQUINABILIDAD Y RECTIFICABILIDAD

La maquinabilidad en estado recocido es parecida a la del acero D2 pero con mejor rectificabilidad. Se recomienda usar equipos y procedimientos de rectificado similares. En general, el mejor desempeño ha resultado del uso de muelas de alúmina tipo "SG" o muelas CBN.

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES



Nota: Las aplicaciones indicadas son típicas. No se debe intentar su aplicación específica sin un estudio independiente y una evaluación de funcionalidad.

SISA CR8**TRATAMIENTO TÉRMICO**

Recocido: Calentar a 840-900°C (1550-1650°F), mantener 2 horas, enfriamiento lento de 25°C (50°F) por hora hasta 650°C (1200°F), dejar enfriar en el horno o en aire quieto a temperatura ambiente.

Dureza en Estado Recocido: Aprox. BHN 225-255

Relevado de Esfuerzos

Piezas Recocidas: Calentar a 595-700°C (1100-1300°F), mantener 2 horas, dejar enfriar en el horno o en aire quieto.

Piezas Templadas: Calentar a 15°C (30°F) debajo de la temperatura original de revenido, dejar enfriar en el horno o en aire quieto.

Enderezado: Recomendable hacerlo entre 200-430°C (400-800°F).

Temple

Precalentar: Calentar a 840-870°C (1550-1600°F), normalizar.

Temple (Austenización): 1010-1120°C (1850-2050°F), mantener a temperatura 20-45 minutos.

Enfriamiento: Al aire o enfriamiento con presión positiva (2 bar mínimo) a menos de 50°C (125°F). Tratamiento en baño de sales, cuando es práctico, asegura la máxima tenacidad alcanzable para un tratamiento térmico.

Revenido: 480-565°C (900-1050°F).

Doble revenido es necesario y triple revenido es recomendable. Entrar a temperatura ambiente entre cada revenido. Revenir por un mínimo de 2 horas cada revenido o por lo menos 1 hora por cada pulgada (25 mm) de espesor para secciones arriba de 2" (50 mm) de espesor.

Cambio Dimensional: +0.04% to +0.06%

Tratamiento Térmico Recomendado: Para la mejor combinación de tenacidad y resistencia al desgaste, templar SISA-CR8 a 1065°C (1950°F). Revenir 3 veces a 540°C (1000°F).

Dureza Propuesta: HRC 62. Se pueden emplear temperaturas más altas de temple para obtener mayor dureza con una leve disminución de resistencia al impacto. Las temperaturas más bajas de temple proveen mayor tenacidad (resistencia al impacto).

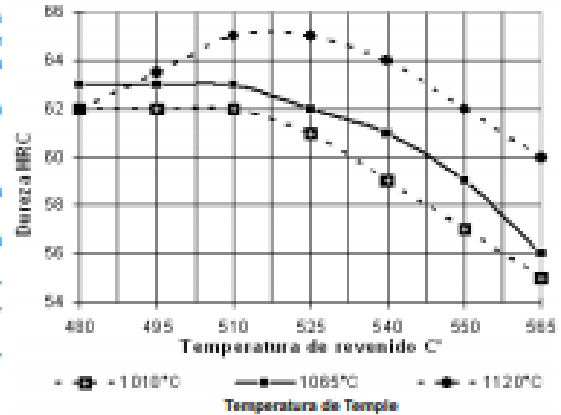
Respuesta al Tratamiento Térmico

Temperatura de Revenido	Temperatura de Temple		
	1010°C (1850°F)	1065°C (1950°F)	1120°C (2050°F)
Antes de Revenir	63-65	63-65	62-64
480°C (900°F)	61-63	62-64	61-63
510°C (950°F)	61-63	62-64	64-66
540°C (1000°F)	57-59	60-62	63-65
550°C (1025°F)	56-58	58-60	61-63
565°C (1050°F)	54-56	55-57	59-61

Los resultados pueden variar según el método de tratamiento térmico y el tamaño de la sección. Enfriamiento al vacío o en atmósfera controlada puede resultar en una baja de 1 a 3 puntos HRC.

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Debido a sus temperaturas altas de revenido 480-565°C (900 - 1050°F), SISA-CR8 es apropiado para nitrurar, recubrir con PVD o tratamientos superficiales similares. Los procedimientos de recubrimiento con CVD generalmente rebasan la temperatura crítica y pueden resultar en cambios dimensionales impredecibles.

GRÁFICA DE REVENIDO

Servicio Industrial, S.A. de C.V.
www.servicio.com.mx

Aceros Especiales Grados Herramienta y Maquinaria
Aceros SISA-MET® de Metalurgia en Polvo (PM)
Piezas Industriales Forjadas

Ciudad de México: Naranjos 6 - Col. San Francisco Cuauhtlpan, Naucalpan - cp 53869, Estado de México
Tel - (55) 5576-6911 Fax - (55) 5576-4997 sisa@sisa1.com.mx
Monterrey: Guerrero Norte 4120 - Col. del Norte, Monterrey - cp 64500, Nuevo León
Tel - (81) 8351-7220 Fax - (81) 8351-2681 sisamty@sisa1.com.mx

Cat. CR8 12/12 © Derechos Reservados, México DF, 2012 Servicio Industrial, S.A. de C.V. SISA y SISA-MET® son Marcas Registradas. Impreso en México

Fuente: SERVICIO INDUSTRIAL S.A. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo].
Disponble en:<http://sisa1.com.mx/pdf/Acero%20SISA%20CR8.pdf>

ANEXO J

ACERO ASTM A 681



1. Descripción: Acero grado herramienta resistente al impacto, presenta poca distorsión dimensional tras el tratamiento térmico. Dureza típica de uso 47 – 57 HRC, susceptible a la decarburización, con buena maquinabilidad, con resistencia baja al desgaste y tiene como ventaja su alta tenacidad.

2. Normas involucradas: ASTM A681

3. Propiedades mecánicas: Maquinabilidad 85% (100 %=81112)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.282 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.45 – 0.55 % C
3.00 – 3.50 % Cr
0.20 – 0.80 % Mn
1.30 – 1.80 % Mo
0.20 – 1.00 % Si
0.030 % P máx
0.030 % S máx

6. Usos: Se usa para cuchillas de corte, punzones, guillotinas, herramientas para conformado, remachadores, moldes para plástico, mordazas, embragues, cortadores de tubo y otras aplicaciones donde existan impactos fuertes en la herramienta.

7. Tratamientos térmicos: Mecanizado en bruto – alivio de tensiones (650 °C) – mecanizado de acabado – precalentamiento (650 – 700°C) – austenizado (900 – 950 °C) – temple al aire – revenido para lograr la dureza requerida – rectificado.

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 ☎
(506) 2551-4169 📠
info.clientes@sumiteccr.com 📧



www.sumiteccr.com



Fuente: SUMITEC. [En Línea]. [Consultado el 12 de marzo].
<http://www.sumiteccr.com/acero/herramienta/AH01.pdf>

ANEXO K

ACERO SAE 1020 Y 1045

ACERO SAE 1020

DIN CK - 20
 UNI C - 20
 AFNOR XC - 20
 SAE 1020

CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

Acero al carbono que puede utilizarse en estado cementado, templado y revenido o simplemente en estado calibrado. Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales o de maquinaria de mediana resistencia con una gran tenacidad. Es fácilmente soldable con soplete ó al arco.

COMPOSICION QUIMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.18 0.23	0.3 0.6	0.04	0.05	0.15 0.3

Estado de suministro: Recocido
 Dureza de suministro: 130 - 150 HB

PROPIEDADES MECÁNICAS

Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	195	25	45	140 / 150
Normalizado	420 - 520	343	30	55	150
Recocido	441 - 530	294	35	60	130 / 150
Calibrado	530 - 580	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	580 - 833	441	15	45	---

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRÍAMIENTO
Forja	850 - 1150	Arena seca
Normalizado	880 - 920	Aire
Recocido	650 - 720	Horno
Cementación	900 - 930	Hormoligas
Temple capa cementada	850 - 900	Agua
Revenido capa cementada	180 - 240	Aire

APLICACIONES

Se usa principalmente para partes de maquinaria que no estén sometidas a grandes esfuerzos mecánicos como ejes, eslabones para cadenas, pasadores, bujes cementados, tornillería corriente, bridas, piñones para transmisión de cadena a bajo esfuerzo, clavos para ferrocarril, grapas, etc.



SOLDADURA

Este acero se puede soldar fácilmente, se recomienda soldadura A.W.S clase E-6010, E-6011, E-6013 de la American Welding Society.

ACERO SAE 1045

DIN	CK - 45
UNI	C - 45
AFNOR	XC - 45
SAE	1045

CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. Frecuentemente se utiliza para elementos endurecidos a la llama ó por inducción. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido; ó templado en agua y revenido).

SAE 1045 es un acero de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua. En secciones más gruesas se puede obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecido, al ser deformado en frío se presenta un incremento en la dureza y la resistencia mecánica.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.43 0.50	0.6 0.9	0.04	0.05	0.2 0.4

Estado de suministro: Recocido

Dureza de suministro: 190 - 200 Brinell

PROPIEDADES FÍSICAS

Estos valores son obtenidos a partir de probetas bajo condiciones específicas de laboratorio y deben ser usados como referencia.

- Densidad → 7.85 g/cm³.
- Módulo de elasticidad → 2×10^{11} Pa (29×10^6 PSI).
- Conductividad térmica → 52 W/(m²°C).
- Calor específico J/(Kg*°K) → 460
- Coeficiente de Poisson → 0,3
- Resistividad eléctrica (microhm-cm):
a 32°F = 16.2
a 212°F = 22.3
- Coeficiente de dilatación térmica /°C
(20 - 100°C) 12.3×10^{-6}
(20 - 200°C) 12.7×10^{-6}
(20 - 400°C) 13.7×10^{-6}

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO			
Diámetro de la barra: 12 a 38 mm			
Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	600
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	25
% de reducción de área	44	45	53
Dureza Brinell (3000 kg.)	190	190	180



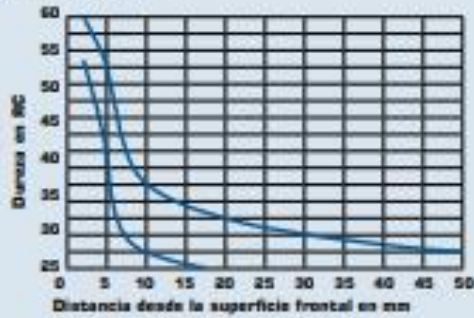
**PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN ACEITE
- REDONDO DE 25 MM**
(Temple en aceite desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción MPa	Punto de fluencia MPa	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)
320	855	655	11	34	278
430	875	621	15	39	257
540	793	558	18	45	228
650	703	482	23	51	203
705	641	462	25	55	195

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN AGUA - REDONDO DE 25 MM
(Temple en agua desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción N/mm²	Punto de fluencia N/mm²	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)	Impacto (en ft - lb)
320	1004	788	8	33	313	15
430	955	731	13	43	281	24
540	827	621	19	52	242	38
650	717	503	24	60	210	51
705	659	455	27	62	198	70

BANDA DE TEMPLABILIDAD



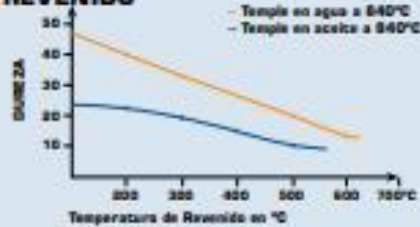
TRATAMIENTOS TÉRMICOS

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1100	Aire seco
Normalizado	850 - 900	Aire
Recocido total	815 - 825	Horno
Recocido posterior al trabajo en frío	595 - 662	Horno luego aire
Temple *1	815 - 870	Agua - aceite
Revenido		Aire

* El enfriamiento en aceite minimiza la deformación sin garantizar la máxima dureza. Hasta 12 mm de diámetro con enfriamiento en aceite se consigue un temple aceptable en el centro de la pieza.



DIAGRAMA DE REVENIDO



El tiempo de tratamiento a esta temperatura es de 1 hora + 1 hora por pulgada de espesor o diámetro de la pieza. Posteriormente se enfría en el horno o al aire.



MAQUINABILIDAD

Puede ser mecanizado fácilmente en estado recocido, normalizado o templado, tomando como referencia al 12L14 (100% de maquinabilidad). El acero 1045 presenta la siguiente maquinabilidad:

- En estado calibrado = 55%
- En estado recocido = 68 - 70%

Este acero presenta un buen acabado superficial y su mecanizado se caracteriza por presentar una larga vida útil de la herramienta de corte.

TORNEADO					
PROFUNDIDAD DE CORTE mm	ACERO RÁPIDO		HERRAMIENTA DE CARBUR		
	Velocidad m/min	Avance mm/rev	Soldada velocidad m/min	Insertada velocidad m/min	Avance mm/rev
Dureza: 125 a 175 HB					
1	43	0.18	140	180	0.18
4	35	0.40	110	140	0.50
8	27	0.50	85	110	0.75
16	11	0.75	67	85	1.00
Dureza: 175 a 225 HB					
1	40	0.18	130	160	0.18
4	30	0.40	100	125	0.50
8	25	0.50	78	100	0.75
16	20	0.75	60	78	1.00

CONFORMABILIDAD

SAE 1045 puede ser conformado fácilmente en caliente a temperaturas entre 980 y 1230°C. Este material no debe ser deformado en frío extensivamente sin realizar recocidos intermedios. Un recocido subcrítico será suficiente excepto cuando un trabajo severo en frío ha de ser seguido por más trabajo en frío en cuyo caso se requiere de un recocido total.

SOLDABILIDAD

El acero SAE 1045 está cerca al límite superior de aceros con porcentaje de carbono que pueden ser soldados satisfactoriamente por todos los métodos comunes. Sin embargo, precalentamiento y postcalentamiento pueden ser necesarios en función del espesor. Usualmente hay menos necesidad de precalentamiento y postcalentamiento con procesos de soldadura con gas que con métodos de soldadura por arco debido a que el proceso de soldadura por gas genera una zona afectada por el calor

mayor que el proceso de arco eléctrico y por tal razón el enfriamiento es más lento. Se recomienda el uso de electrodos de bajo hidrógeno.

DATOS DE IMPACTO							
Templado al agua y revenido a 870°C							
Dureza Brinell	Prueba Charpy Iencalla en V1, Joules, realizada a diferentes temperaturas						
	-73°C	-45°C	-18°C	10°C	40°C	65°C	95°C
225	7 - 15	11 - 20	27 - 40	51 - 65	55 - 70	63 - 74	70 - 81
300	---	8 - 12	10 - 16	13 - 24	19 - 26	27 - 40	36 - 47

APLICACIONES

Este acero de medio carbono se usa cuando la resistencia y dureza obtenidas por el tratamiento térmico o por deformación en frío, son suficientes para satisfacer las condiciones de servicio requeridas.

Es ampliamente utilizado en la industria automotriz (productos forjados y estampados). Se usa en partes de máquinas que requieran dureza y tenacidad como: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes de baja velocidad, acoplamientos, árboles, bielas, cigüeñales, ejes de maquinaria de resistencia media, piezas de armas, cañones de fusiles, espárragos, barras de conexión, tornillería grado 5, pernos de anclaje, fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas de todo tipo como: hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos, palas, barretones, llaves, etc.

ACERO SAE 1045 EN PLACA

Estado de suministro: Normalizado

Dureza de suministro: 175 - 200 HB

Acabados: Laminado en caliente (negro), premaquinado, rectificado

Cia. General de Aceros (C.G.A.) cuenta con una gama amplia de espesores de productos laminados en acero SAE 1045 que permite satisfacer sus necesidades de placas, discos, anillos y cortes especiales hasta espesores de 254 mm.

Para minimizar los sobrecostos de consumo de sus herramientas durante el mecanizado, C.G.A. realiza a los productos oxicortados en placa 1045 una homogenización de dureza (ya que el proceso de corte en caliente altera las propiedades en la zona afectada por el calor) garantizándole una adecuada maquinabilidad.

Con la filosofía de disminuir tiempos de fabricación en su taller y aumentar la competitividad de su negocio, C.G.A. ofrece productos oxicortados con servicio adicional de premaquinado (caras y cantos) y rectificado plano con tolerancias acordadas previamente. Consulte a nuestros asesores para definir su mejor alternativa.

SUCURSALES C.G.A.

BARRANQUILLA

Via 40 No. 51 - 444 PBX: 2444 198/2700 222 Fax: 2443 228/2700 220

MEDELLÍN

Calle 22 No. 41 - 129 Itagüí PBX: 2704 500/2708 111 Fax: 2776 088

CALI

Cra. 21A No. 15 - 59 Acopi - Yumbo PBX: 6018 585 Call Center: 6018 586 Fax: 6058 593

SUCARAMANGA

Cra. 14 No. 22 - 02 PBX: 6327 708/6323 Fax: 6332 779

PRINCIPAL BOGOTÁ D.C.

Av. 68 No. 37B - 51 Sur PBX: 7700 560 Fax: 7700 530550
Call Center: 7700 590 - Línea de Servicio al Cliente: 7700 543

www.cga.com.co - e-mail: aceros@cga.com.co

ELABORADO POR: MARCO ANTONIO GÓMEZ

REVISO: 04 DE FEBRERO DE 2007

Fuente: UNILIBRE [En Línea]. [Consultado: el 12 de marzo del 2020] Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2>

ANEXO L

INFORMACIÓN DE LOS TORNILLOS

PROPIEDADES MECÁNICAS DE TORNILLOS

Propiedades mecánicas exigibles de tornillos y piezas análogas

Según ISO 898-1

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		CLASE DE CALIDAD							
		4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9	12.9
						d≤16mm*1	d>16mm*1		
Resistencia tracción R _m (N/mm ²)	nominal	400	500	500	600	800	800	1000	1200
	mín.*2	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dureza Vickers HV Fz 98N	mín.	130	155	160	190	250	255	320	385
	máx.	250				320	335	380	435
Dureza Brinell HB F= 30 D ²	mín.	124	147	152	181	238	242	304	366
	máx.	238				304	318	361	414
Dureza Rockwell HR	mín. HRB	71	79	82	89	-	-	-	-
	mín. HRC	-	-	-	-	22	23	32	39
	máx. HRB	99,5				-	-	-	-
	máx. HRC	-	-	-	-	32	34	39	44
Límite elástico inferior R _{el} *3 (N/mm ²)	nominal	320	300	400	480	-	-	-	-
	mín.	340	300	420	480	-	-	-	-
Límite elástico al 0,2% R _{p 0,2} (N/mm ²)	nominal	-	-	-	-	640	640	900	1080
	mín.	-	-	-	-	640	660	940	1100
Alargamiento %	mín.	14	20	10	8	12		9	8
Resiliencia J.	mín.	-	25	-	-	30		20	15

*1 Para la tornillería destinada a estructuras metálicas el límite es 12 mm.

*2 Las características de tracción mínimas se aplican a los productos con una longitud nominal L ≥ 2,5 d. La dureza mínima se aplica a los productos con una longitud nominal L < 2,5 d., y a otros productos que no pueden ser ensayados a tracción debido a su forma, ej.: por la configuración de la cabeza.

*3 En el caso de que el límite elástico inferior R_{el} no se pueda determinar, se permite medir el límite elástico R_{p 0,2}.

Fuente: TORNILLERA.[En Línea]. [Consultado en 12 de marzo del 2020].
 Disponible en http://www.tornillera.com/archivos/info_tecnica/esp/propiedades_tornillos.pdf

ANEXO M
PLANOS DE FABRICACIÓN

Fuente Elaboración propia, en base de programa SOLID EDGE

ANEXO N

CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO COMPACTO ADN-150-50-A-P-A

cilindro compacto

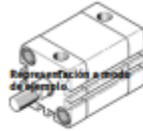
ADN-125- -

Número de artículo: 534393

★ Gama básica

Según ISO 21287, con detección de posiciones, con rosca interior o exterior en el vástago.

FESTO



Representación a modo de ejemplo

Hoja de datos

Ficha de datos técnicas completa: los valores parciales dependen de su configuración.

Característica	Valor
Carera	1 ... 500 mm
Diámetro del émbolo	125 mm
Basado en la norma	ISO 21287
Amortiguación	Pl. amortiguación por tope elástico/placa a ambos lados
Posición de montaje	indistinto
Construcción	Émbolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	Homologación de protección antiinflamante (ATEX) Mayor duración Prolongación de la rosca exterior del vástago Rosca especial en el vástago Vástago prolongado con seguridad torsional Gran protección anticorrosiva Movimiento lento constante Mínima fricción Doble vástago Doble vástago hueco Juntas ténsoresistentes hasta máx. 120 °C Placa de tipo grabada con láser vástago simple
Presión de funcionamiento	0,6 ... 10 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Clase CE (ver declaración de conformidad)	según la normativa UE sobre protección contra explosión (ATEX)
Categoría ATEX para gas	1-2
Categoría ATEX para polvo	1-2D
Tipo de protección contra explosión de gas	Ex h IIC T4 Gb
Tipo de protección contra explosión por polvo	Ex h IIC T120°C DB
Temperatura ambiente con riesgo de explosión	-20°C ≤ Ta ≤ +60°C
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010(7,4,6)
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (precisa en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión IEC	2 - riesgo de corrosión moderado 3 - riesgo de corrosión alto
Temperatura ambiente	30 ... 120 °C
Fuerza técnica con 4 bar, retroceso	3.260 N
Fuerza técnica con 6 bar, avance	1.060 ... 7.343 N
Masa móvil con carera de 0 mm	1.080 g
Masa adicional por 10 mm de carera	117 g

FESTO

Característica	Valor
Peso básico con carera de 0 mm	2.360 g
Masa adicional por 10 mm de carera	236 g
Tipo de fijación	4-ángulo con taladro pasante con rosca interior con accesorios
Conexión neumática	1415
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Material de la carera	Aluminio
Material del vástago	anodizado
Material de la cámara del cilindro	Acero de aleación fina Almación forjado de aluminio
	Anodizado desluzante

Fuente: FESTO. [En Línea]. [Consultado el 12 de abril]. Disponible en https://www.festo.com/cat/es-co_co/xDKI.asp

ANEXO N

MANUAL DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS CILINDROS ADN

Fuente: FESTO. [En Línea].[Consultado el 12 de abril]. Disponible en https://www.festo.com/cat/es-co_co/products_ADN_AEN_1

ANEXO O
**MANUAL DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN DE LA MANGUERA TIPO PUN-
DUO 6MM**

Fuente: FESTO. [En Línea].[Consultado el 12 de abril]. Disponible en https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/OD-TUBING_ES.PDF

ANEXO P
**MANUAL DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN DE LA UNIDAD DE
MANTENIMIENTO TIPO D**

Fuente: FESTO. [En Línea].[Consultado el 12 de abril]. Disponible en https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/26939/info_423_es.pdf

ANEXO Q
MANUAL DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN DE LAS VÁLVULAS
BIESTABLES 5/2

Fuente: FESTO. [En Línea].[Consultado el 12 de abril]. Disponible en https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17269/Ventile_es.pdf