

**DISEÑO DE MÁQUINA PARA DESINFECCIÓN DE BILLETES UTILIZANDO EL  
MÉTODO DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**

**ANDRES FERNANDO CARREÑO NARANJO**

**DAVID PINEDA MORENO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de  
INGENIERO MECANICO**

**Orientador**

**Jair Leopoldo Loaiza Bernal**

**Ing. Mecánico**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2021**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del Presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del Presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica y de Investigación

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dra. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad

Dr. Julio Cesar Fuente Arismendi

Director del Programa

Dra. María Angélica Acosta Pérez

## DEDICATORIA

*A mis padres Rosa Elena Naranjo y Alejandro Carreño quienes siempre creyeron en mí y en mis capacidades, además de darme siempre la mejor formación ética y moral que hará de mí un gran profesional. A mi hermano Pedro Carreño quien me apoyo y siempre estuvo al frente de todos nuestros proyectos en los momentos que yo no pude, a mi hermana Sandra Carreño quien siempre ha sido mi mayor ejemplo en esta formación profesional y ahora mi colega. A mi hermano Juan Sebastián Carreño por su apoyo y paciencia incondicional, siempre espero ser su mejor ejemplo como persona y profesional. A toda mi familia y amigos que hicieron parte de este proceso.*

*Andrés Fernando Carreño Naranjo*

*A mis padres Carlos Pineda y Sandra Moreno que depositaron su confianza en mis habilidades y que siempre creyeron que este día llegaría. A mi hermano Nicolás Pineda por ser mi guía y apoyo en este proceso profesional. A toda mi familia en general, a mis amigos y todo aquel que fue parte de este proceso.*

*David Pineda Moreno*

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos particularmente agradecer al Ing. Jair Loaiza, por todo su compromiso y orientación, no solo con este proyecto sino con cada uno de sus estudiantes de la Universidad de América, le damos gracias por toda su paciencia y también por todas sus correcciones en este proyecto que hicieron de este un trabajo de calidad ayudándonos a ser mejores profesionales.

Al comité de proyecto de grado, quienes hicieron un primer acompañamiento en la propuesta y desarrollo de la primera etapa de este proyecto. Al Ing. William Suarez por su comitiva a lo largo de este último semestre.

A la universidad de América ahora nuestra alma mater por recibirnos, acogernos y hoy entregarnos como dos nuevos Ingenieros.

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 proyecto. Estos corresponden únicamente a los autores.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	20
OBJETIVOS	21
1. METODOS DE DESINFECCION Y GENERALIDADES DE LOS BILLETES	22
1.1 Limpieza de billetes con fluido supercrítico	22
1.2 Desinfección por ozono	23
1.3 Desinfección por calentamiento	24
1.4 Amonios Cuaternarios (QACs)	26
1.5 Alcoholes	26
1.6 Cloros	27
1.7 Yodóforos	27
1.8 Luz ultravioleta	28
<i>1.8.1 Historia</i>	29
<i>1.8.2 Ventajas</i>	30
<i>1.8.3 Desventajas</i>	31
<i>1.8.4 Rangos</i>	31
<i>1.8.5 Aplicaciones</i>	33
1.9 Generalidades	34
<i>1.9.1 Características del papel moneda colombiano</i>	35
<i>1.9.2 Dimensiones</i>	35
<i>1.9.3 Virus y bacterias presentes</i>	36
2. DISEÑO CONCEPTUAL	38
2.1 Identificación del problema de diseño	38
2.2 Definición de los requerimientos del cliente	39
2.3 QFD especificaciones de ingeniería	52
2.4 Diseño conceptual	57
<i>2.4.1 Aclarar el problema</i>	58
<i>2.4.2 Búsqueda externa</i>	62
<i>2.4.3 Exploración sistemática</i>	65
<i>2.4.4 Búsqueda interna</i>	65
2.5 Selección de concepto	75
3. DISEÑO DE DETALLE	81
3.1 Selección de componentes normalizados	81

3.2 Aproximación a materiales y técnicas de fabricación	83
3.3 Sistemas y componentes	86
3.3.1 Sistema de control	87
3.3.2 Sistema de entrada de papel moneda	93
3.3.3 Sistema de agarre	97
3.3.4 Cámara de desinfección y transporte	98
3.3.5 Sistema de salida de papel	105
3.3.6 Motor	106
3.4 Diseño y selección de engranajes	108
3.4.1 Cálculo de velocidades en los rodillos de transmisión	109
3.4.2 Diseño de engranajes	111
3.4.3 Resistencia a flexión	116
3.5 Diseño y selección de ejes	120
3.5.1 Cargas transmitidas	121
3.5.2 Determinación de fuerzas en los planos del eje	124
3.5.3 Fuerza cortante y momento flector	126
3.5.4 Diámetro del eje	129
3.5.5 Factor de seguridad eje B	138
3.5.6 Factor de seguridad eje 1 y 5	145
3.5.7 Factor de seguridad eje F	152
3.5.8 Factor de seguridad eje 2, 3 y 4	158
3.5.9 Factor de seguridad eje G y H	165
3.5.10 Factor de seguridad eje I	172
3.5.11 Factor de seguridad eje J	179
3.5.12 Factor de seguridad eje 7	185
3.5.13 Factor de seguridad eje 6	191
3.5.14 Factor de seguridad eje E (segundo tren de engranajes)	197
3.6 Estructura	201
3.6.1 Análisis de la carcasa por elementos finitos	202
4. MANUALES	207
4.1 Manual de ensamble	207
4.1.1 Identificación de las piezas	207
4.1.2 Ensamble de la máquina de desinfección	215
4.2 Manual de instalación	240
4.2.1 Instalación	241

4.3 Manual de operación	241
4.3.1 <i>Identificación de panel de control</i>	242
4.3.2 <i>Encendido de la máquina de desinfección</i>	243
4.3.3 <i>Posicionamiento del papel moneda.</i>	243
4.3.4 <i>Inicio del proceso.</i>	244
4.3.5 <i>Remover el papel moneda.</i>	244
4.3.6 <i>Recomendaciones</i>	244
4.4 Manual de mantenimiento	245
4.4.1 <i>Advertencias</i>	245
4.4.2 <i>Recomendaciones</i>	246
4.4.3 <i>Situaciones de intervención</i>	248
4.5 Manual de seguridad	249
4.5.1 <i>Normatividad.</i>	249
5. ANALISIS FINANCIERO Y AMBIENTAL	252
5.1 Impacto ambiental	252
5.1.1 <i>Metodología</i>	252
5.1.2 <i>Evaluación</i>	252
5.1.3 <i>Aspectos ambientales</i>	255
5.2 Análisis Financiero	257
5.2.1 <i>Materiales</i>	257
5.2.2 <i>Ingeniería</i>	259
5.2.3 <i>Fabricación</i>	260
5.2.4 <i>Moldes</i>	260
5.2.5 <i>Prototipo</i>	261
5.2.6 <i>Conclusiones</i>	261
5.2.7 <i>Mercadeo</i>	262
6. APORTES DEL PROYECTO	263
7. CONCLUSIONES	264
BIBLIOGRAFIA	265
ANEXOS	268

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cámara de limpieza del fluido supercrítico	22
Figura 2. Prisma de Newton	29
Figura 3. Espectro de Luz Región Ultravioleta	30
Figura 4. Estructura del ADN	32
Figura 5. Representación gráfica de muestreo aleatorio	40
Figura 6. Diagrama de barras necesidad de desinfección de billetes	44
Figura 7. Diagrama circular disminución del uso de papel moneda	45
Figura 8. Diagrama circular inseguridad sanitaria del papel moneda	45
Figura 9. Diagrama de barras porcentaje de transacciones en efectivo	46
Figura 10. Diagrama de barras confiabilidad de los métodos de desinfección	46
Figura 11. Diagrama circular Existencia de protocolos de desinfección de billetes	47
Figura 12. Protocolos utilizados para desinfección de billetes	47
Figura 13. Confiabilidad de los protocolos	48
Figura 14. Billeto de 50.000 pesos colombiano	54
Figura 15. Diagrama de caja negra	60
Figura 16. Diagrama de caja negra para una máquina de desinfección de billetes	61
Figura 17. Representación de la descomposición de sub problemas de una máquina de desinfección de billetes por UV-C.	62
Figura 18. Inicio Manual	66
Figura 19. Inicio Semiautomático	67
Figura 20. Inicio Automático	67
Figura 21. Manual uno a uno	68
Figura 22. Bandeja de papel	68
Figura 23. Bandeja tipo cajón	69
Figura 24. Rodillo Angular	69
Figura 25. Rodillos paralelos	70
Figura 26. Rodillos Ajustables	70
Figura 27. Pantalla de acrílico continúa con rodillos de entrada y salida.	71
Figura 28. Pantalla de acrílico continúa con rodillos de arrastre.	71
Figura 29. Pantalla de acrílico dividida	71
Figura 30. Dos niveles de rodillos	72
Figura 31. Más de dos niveles de rodillos con mayor exposición de lámparas UV-C	72
Figura 32. 3 lámparas alineadas verticalmente recorrido U.	73
Figura 33. 2 lámparas alineadas verticalmente recorrido Horizontal	73
Figura 34. Más de 2 lámparas verticales recorrido Horizontal	74
Figura 35. Bandeja de salida	74
Figura 36. Diagrama de sistemas	86
Figura 37. Diagrama sistema de control	87
Figura 38. Diagrama eléctrico	88
Figura 39. Programación Arduino	89
Figura 40. Fuente AC-DC	90
Figura 41. Potenciómetro	90
Figura 42. Relé de estado solido	91

Figura 43. Transistor	91
Figura 44. LED	92
Figura 45. Retro reflectivo	92
Figura 46. Posición del papel en la bandeja de entrada	94
Figura 47. Dimensiones máximas y mínimas bandeja de entrada.	95
Figura 48. Estructura de bandeja y ajustador	96
Figura 49. Guía de papel	96
Figura 50. Base de sistema de arrastre	97
Figura 51. Sistema de selección	98
Figura 52. Vista lateral e isométrico rodillo de entrada	99
Figura 53. Sujeción de ejes y pantallas	99
Figura 54. Pantalla inferior	100
Figura 55. Sockets sistema de desinfección	101
Figura 56. Lámpara Philips TUV 10W T5-T8	102
Figura 57. Geometría del sistema	103
Figura 58. Acople de rodillo de transmisión con rodillo auxiliar	104
Figura 59. Rodillo de transmisión	104
Figura 60. Rodillo Auxiliar	105
Figura 61. Bandeja de salida ensamblada en la estructura	105
Figura 62. Bandeja de salida	106
Figura 63. Motor	107
Figura 64. Sistema de transmisión	109
Figura 65. Pantallas superiores	109
Figura 66. Detalle pantallas	110
Figura 67. Sistema de engranajes cámara de desinfección	111
Figura 68. Engranaje loco	112
Figura 69. Interferencia y socavado de dientes debajo del círculo base	113
Figura 70. Posición de ejes sistema de engranajes	114
Figura 71. Posición de ejes sistema de agarre	116
Figura 72. Perfil del diente	117
Figura 73. Disposición de ejes y engranajes en el sistema de potencia	120
Figura 74. Carga transmitida en el engranaje a	121
Figura 75. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje A	122
Figura 76. Carga transmitida en el engranaje d	123
Figura 77. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje D	123
Figura 78. Cargas aplicadas sobre el eje en el plano (zx)	125
Figura 79. Cargas aplicadas sobre el eje en el plano (yx)	125
Figura 80. Fuerza cortante plano zx	127
Figura 81. Momento flector plano zx	127
Figura 82. Fuerza cortante plano yx eje principal	128
Figura 83. Momento flector plano yx eje principal	129
Figura 84. Factor $K_t$ y $K_s$	134
Figura 85. Sensibilidad a la muesca q	135
Figura 86. Cargas transmitidas sobre el engranaje B	139
Figura 87. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje B	140
Figura 88. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje B	140

Figura 89. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje B	141
Figura 90. Fuerza cortante plano yx eje B	142
Figura 91. Momento flector plano yx eje B	142
Figura 92. Fuerza cortante plano zx eje B	143
Figura 93. Momento flector plano yx eje B	144
Figura 94. Cargas transmitidas sobre el engranaje 1 y 5	145
Figura 95. Diagrama de cuerpo libre en el centro del eje 1 y 5	146
Figura 96. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 1 y 5	147
Figura 97. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 1 y 5	147
Figura 98. Fuerza cortante plano yx eje 1 y 5	149
Figura 99. Momento flector plano yx eje 1 y 5	149
Figura 100. Fuerza cortante plano zx eje 1 y 5	151
Figura 101. Momento flector plano zx eje 1 y 5	151
Figura 102. Sumatoria de fuerzas en el engranaje	152
Figura 103. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje F	153
Figura 104. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje F	154
Figura 105. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje F	154
Figura 106. Fuerza cortante plano yx eje F	155
Figura 107. Momento flector plano yx eje F	156
Figura 108. Fuerza cortante plano zx eje F	157
Figura 109. Momento flector plano yx eje F	157
Figura 110. Cargas transmitidas sobre el eje	158
Figura 111. Diagrama de cuerpo libre en el centro del eje 4	159
Figura 112. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 2, 3 y 4	160
Figura 113. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 2, 3 y 4	160
Figura 114. Fuerza cortante plano yx eje 2, 3 y 4	162
Figura 115. Momento flector plano yx eje 2, 3 y 4	162
Figura 116. Fuerza cortante plano zx eje 2, 3 y 4	164
Figura 117. Momento flector plano zx eje 2, 3 y 5	164
Figura 118. Cargas transmitidas sobre el engranaje	165
Figura 119. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje G y H	166
Figura 120. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje G y H	167
Figura 121. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje G y H	167
Figura 122. Fuerza cortante plano yx eje G y H	169
Figura 123. Momento flector plano yx eje G y H	169
Figura 124. Fuerza cortante plano zx eje G y H	170
Figura 125. Momento flector plano yx eje G y H	171
Figura 126. Sumatoria de fuerzas en el engranaje I	172
Figura 127. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje I	173
Figura 128. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje I	173
Figura 129. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje I	174
Figura 130. Fuerza cortante plano yx eje I	176
Figura 131. Momento flector plano yx eje I	176
Figura 132. Fuerza cortante plano zx eje I	177
Figura 133. Momento flector plano yx eje I	178
Figura 134. Sumatoria de fuerzas en el engranaje J	179

Figura 135. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje J	180
Figura 136. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje J	180
Figura 137. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje J	181
Figura 138. Fuerza cortante plano yx eje J	182
Figura 139. Momento flector plano yx eje J	182
Figura 140. Fuerza cortante plano zx eje J	183
Figura 141. Momento flector plano yx eje J	184
Figura 142. Carga transmitida en el engranaje 7	185
Figura 143. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje 7	185
Figura 144. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 7	186
Figura 145. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 7	187
Figura 146. Fuerza cortante plano yx eje 7	188
Figura 147. Momento flector plano yx eje 7	189
Figura 148. Fuerza cortante plano zx eje 7	190
Figura 149. Momento flector plano zx eje 7	190
Figura 150. Carga transmitida en el engranaje 6	191
Figura 151. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje 6	192
Figura 152. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 6	193
Figura 153. Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 6	193
Figura 154. Fuerza cortante plano yx eje 6	195
Figura 155. Momento flector plano yx eje 6	195
Figura 156. Fuerza cortante plano zx eje 6	196
Figura 157. Momento flector plano zx eje 6	196
Figura 158. Sumatoria de fuerzas en el engranaje 6	197
Figura 159. Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje E	198
Figura 160. Diagrama de cuerpo libre plano yx eje E	199
Figura 161. Fuerza cortante plano yx eje E	200
Figura 162. Momento flector plano yx eje E	201
Figura 163. Estructura máquina de desinfección.	202
Figura 164. Sujeciones	204
Figura 165. Enmallado de la carcasa	204
Figura 166. Análisis por elementos finitos	205
Figura 167. Análisis por elementos finitos	206
Figura 168. Acople de rodillos auxiliares en pantallas de policarbonato.	215
Figura 169. Acople de rodillos auxiliares en pantallas de policarbonato.	216
Figura 170. Acople de pantallas de policarbonato en la carcasa de la cámara de desinfección.	216
Figura 171. Acople de rodillos y ejes principales de transporte.	217
Figura 172. Acople de rodillos y ejes principales de transporte en carcasa de cámara de desinfección.	217
Figura 173. Acople de rodillos y ejes principales de transporte en carcasa de cámara de desinfección.	218
Figura 174. Acople de pantallas-guía superiores de policarbonato en la cámara de desinfección.	218
Figura 175. Acople de pantallas-guía superiores de policarbonato en la cámara de desinfección.	219

Figura 176. Ensamble del sistema de desinfección por radiación UV-C.	219
Figura 177. Acople del sistema de desinfección por radiación UV-C a cámara de desinfección.	220
Figura 178. Acople final del sistema de desinfección por radiación UV-C en la cámara de desinfección.	220
Figura 179. Identificación de ranuras de acople.	221
Figura 180. Ensamble y acople de la tapa en la cámara de desinfección.	221
Figura 181. Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de entrada.	222
Figura 182. Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar del sistema de entrada.	222
Figura 183. Ensamble y acople de sistema auxiliar de agarre en la guía de entrada.	223
Figura 184. Ensamble y acople de la guía de entrada en la cámara de desinfección.	223
Figura 185. Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de salida.	224
Figura 186. Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de salida.	224
Figura 187. Ensamble y acople de la guía de salida en la cámara de desinfección.	225
Figura 188. Ensamble y acople de tren de engranaje completo.	226
Figura 189. Identificación del tren de engranajes.	226
Figura 190. Ensamble y acople de tapa de protección del tren de engranaje.	227
Figura 191. Ensamble y acople de eje y rodillos de entrada y salida.	228
Figura 192. Ensamble y acople de engranajes de transmisión de entrada y salida.	228
Figura 193. Ensamble y acople de los sistemas de entrada y salida a la cámara de desinfección.	229
Figura 194. Ensamble y acople de la lámina de sujeción del motor.	229
Figura 195. Alineación de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.	230
Figura 196. Acople de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.	230
Figura 197. Ensamble y fijación de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.	231
Figura 198. Ensamble y acople de rodillo y eje principal de sistema de agarre.	231
Figura 199. Ensamble de rodillo y eje principal de sistema de agarre en la estructura de agarre.	232
Figura 200. Ensamble de eje de transmisión de potencia en estructura de sistema de agarre.	232
Figura 201. Ensamble y acople de tren de engranajes del sistema de agarre.	232
Figura 202. Ensamble y acople de tapa de la estructura de sistema de agarre.	233
Figura 203. Ensamble y acople de engranaje de reducción de motor.	234
Figura 204. Alineación del sistema de agarre en el sub-ensamble inferior.	234
Figura 205. Ensamble y acople del sistema de agarre en el sub-ensamble inferior.	235
Figura 206. Ensamble y acople del motor en la lámina de sujeción correspondiente.	236
Figura 207. Acople del sistema de transmisión de potencia del motor.	236
Figura 208. Ensamble y acople de la tapa exterior inferior de la máquina de desinfección.	237
Figura 209. Ensamble de componentes de la bandeja de entrada.	237
Figura 210. Ensamble y acople de la bandeja de entrada en el sub-ensamble inferior.	238
Figura 211. Ensamble de componentes de la bandeja de salida.	238
Figura 212. Ensamble y acople de la bandeja de salida en el sub-ensamble inferior.	239
Figura 213. Ensamble y acople de la tapa exterior superior de la máquina de desinfección.	239
Figura 214. Montaje de sistema de control.	240
Figura 215. Base de instalación.	241
Figura 216. Sistema de control.	242

Figura 217. Botón de encendido.	243
Figura 218. Disposición del papel moneda.	243
Figura 219. Botón de inicio de proceso.	244
Figura 220. Disposición de salida del papel moneda.	244
Figura 221. Tabla de tamaños admisibles.	245
Figura 222. Tabla de actividades de mantenimiento.	246
Figura 223. Tabla de normatividad de la máquina.	250

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Datos identificados del ozono y sus pictogramas	23
Tabla 2. Efectos para la salud y factores de riesgo de la exposición del ozono	24
Tabla 3. Tiempo de desinfección de agentes infecciosos por vapor saturado	25
Tabla 4. Matriz de priorización	28
Tabla 6. Resumen de la eficacia antimicrobiana del método de descontaminación	33
Tabla 7. Dimensiones de billetes más utilizados	35
Tabla 8. Dimensiones de billetes colombianos	36
Tabla 9. Necesidad de desinfección de billetes	43
Tabla 10. Participación porcentual del papel moneda en la cotidianidad	44
Tabla 11. Requerimientos del cliente	51
Tabla 12. Lista de métricas	52
Tabla 13. Medidas en milímetros de billetes más comunes	53
Tabla 14. Especificaciones de ingeniería	57
Tabla 15. Comparación de lámparas UV-C para desinfección de espacios	64
Tabla 16. Propuesta de solución para cada subsistema	65
Tabla 17. Sistema de evaluación	76
Tabla 18. Evaluación inicio de proceso de desinfección	76
Tabla 19. Evaluación Sistema de entrada de papel moneda	77
Tabla 20. Evaluación Sistema de agarre	77
Tabla 21. Evaluación Sistema de transporte	78
Tabla 22. Evaluación Ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C	79
Tabla 23. Evaluación sistema de salida de papel	79
Tabla 24. Selección de alternativas	80
Tabla 25. Medidas de proceso de inyección.	84
Tabla 26. Angulo de extracción	85
Tabla 27. Características engranaje motor	111
Tabla 28. Características engranajes sistema de transmisión cámara de desinfección.	112
Tabla 29. Características engranajes sistema de agarre	114
Tabla 30. Factor de servicio de engranaje	118
Tabla 31. Factor de Lewis Y	119
Tabla 32. Propiedades Acero Inoxidable AISI 302	129
Tabla 33. Determinación de los factores <b>Kf</b> y <b>Kfs</b>	131
Tabla 34. Parámetros en el factor de la condición de Marín	132
Tabla 35. Factor de tamaño	136
Tabla 36. Factor de modificación por carga	136
Tabla 37. Factor de confiabilidad	137
Tabla 38. Fracción de resistencia a la fatiga	138
Tabla 39. Propiedades poliamida tipo 6	202
Tabla 40. Cargas aplicadas sobre la estructura	203
Tabla 41. Detalles de la malla	205
Tabla 42. Identificación de piezas del sistema estructural.	207
Tabla 43. Identificación de piezas del sistema de agarre.	210
Tabla 44. Identificación de piezas del sistema de desinfección.	211

Tabla 45. Identificación de piezas del sistema de transporte.	212
Tabla 46. Identificación de piezas del sistema de transporte.	213
Tabla 47. Identificación de tornillería.	214
Tabla 48. Criterio legal de existencia	252
Tabla 49. Criterio legal de cumplimiento	253
Tabla 50. Criterio ambiental	253
Tabla 51. Criterio partes interesadas	254
Tabla 52. Nivel de significación	255
Tabla 53. Aspectos ambientales	255
Tabla 54. Costos materiales	257
Tabla 55. Análisis de costos de ingeniería	259
Tabla 56. Análisis de costos en los procesos de fabricación	260
Tabla 57. Moldes	260
Tabla 58. Costos del prototipo	261
Tabla 59. Costo de fabricación por unidad	262

## RESUMEN

Este proyecto propone diseñar una máquina para la desinfección de billetes utilizando el método de radiación ultravioleta, para esto se divide en cinco capítulos; en el primer capítulo se hace un estudio de los principales métodos de desinfección y se especifican como se pueden aplicar a la desinfección de papel moneda, además se especifican generalidades de los billetes que son necesarias para el diseño de la máquina de desinfección.

Para el segundo capítulo se realiza el diseño conceptual, donde se identifica el problema de diseño a solucionar, en esta parte se pretende conocer los requerimientos del cliente y se hace un estudio de benchmarking con el objetivo de diseñar un producto que responda a las necesidades del mercado, en esta parte también se realiza el despliegue de la función calidad (QFD) de esta manera se logran definir métricas a través de las necesidades del cliente y así arrojar opciones de diseño conceptual que permitirán responder a las métricas y necesidades del cliente.

En el tercer capítulo encontrara el diseño de detalle partiendo del diseño conceptual seleccionado en anteriormente, en esta parte se explica el proceso de diseño de la máquina para esto se divide la maquina en sistemas, lo que permite al lector entender el funcionamiento y disposición de la misma, se explican las consideraciones importantes tenidas en cuenta a la hora de diseñar cada uno de los sistemas, finalmente se realiza un análisis ingenieril que permite aplicar el diseño en ingeniería mecánica, logrando definir parámetros importantes como los diámetros de los ejes a utilizar y también tener en cuenta consideraciones de diseño en la aplicación de factores de seguridad y materiales de fabricación.

Una vez finalizado el diseño del producto es necesario diseñar manuales de acuerdo a su ensamble, operación, mantenimiento y seguridad, en el manual de ensamble se puede evidenciar que el diseño es consecuente y realizado de tal manera que pueda hacerse un producto posible de fabricar y ensamblar, en el manual de operación se pretende explicar cómo debe funcionar la máquina, el uso que se debe dar y sus consideraciones particulares, también es necesario el manual de seguridad teniendo en cuenta que la luz ultravioleta de tipo c representa toxicidad para la salud. El manual de mantenimiento permite al usuario predecir las posibles fallas y además explica como corregirlas en caso de que se presenten.

Finalmente, el quinto capítulo considerara los factores ambientales, no solo a la hora de hacer funcionar la máquina, también a la hora de ser producida y fabricada. En esta parte del

documento también se realiza un análisis financiero que permite hacer un acercamiento a los costos de producción de este producto en serie.

### **PALABRAS CLAVE**

Desinfección, Papel moneda, Luz Ultravioleta, Radiación, Virus y Bacterias

## **INTRODUCCION**

Para finales del año 2019 se presentaron en Wuhan, China los primeros casos de un tipo de neumonía aguda, sin saber exactamente de qué se trataba. Iniciando el 2020 se determinó que este brote hacia parte de una nueva mutación de la familia del coronavirus, al cual se le dio el nombre inicial de 2019-nCoV. A partir de esto comienzan a incrementar el número de casos de esta nueva enfermedad en el mundo y se determinan las principales causas y formas de contagio. La transmisión de este virus se da mediante gotículas respiratorias que la persona portadora del virus expulsa mediante tos o estornudo, en ese instante se puede contagiar el virus respirando dichas partículas de manera directa, pero además se sabe que el virus sobrevive en superficies entre 24 y 72 horas dependiendo el material, y al tener contacto con estas superficies y seguidamente tocar ojos, boca o nariz se puede contraer el virus, por lo tanto se hace necesario la desinfección de superficies de alto contacto.

Teniendo en cuenta lo descrito en el anterior párrafo, se observa la necesidad de desinfectar billetes, un objeto o artículo de uso diario que está expuesto al frecuente contacto humano y expuesto a virus y bacterias, siendo estos elaborados de materiales de difícil limpieza y desinfección sin sufrir daños. De esta manera se busca un método de desinfección efectivo y sin consecuencias sobre el papel moneda.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Diseñar una máquina para desinfección de billetes, utilizando el método de radiación ultravioleta.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar el método de esterilización por radiación ultravioleta y generalidades de los billetes.
2. Determinar variables de entrada, variables de salida, alternativas de diseño, diseño conceptual y modo funcional de la máquina.
3. Diseñar detalladamente la máquina.
4. Elaborar Manual de mantenimiento, ensamble, operación y seguridad.
5. Analizar el impacto financiero y ambiental del proyecto.

## 1. METODOS DE DESINFECCION Y GENERALIDADES DE LOS BILLETES

Para la reducción de microorganismos en el ambiente y en las superficies es comúnmente utilizada la desinfección por distintos métodos que se han experimentado a lo largo del tiempo, estos métodos deben de seleccionarse según los microorganismos que se deseen eliminar además de esto cada método tiene distintas gamas de productos que pueden ser usadas con el mismo fin.

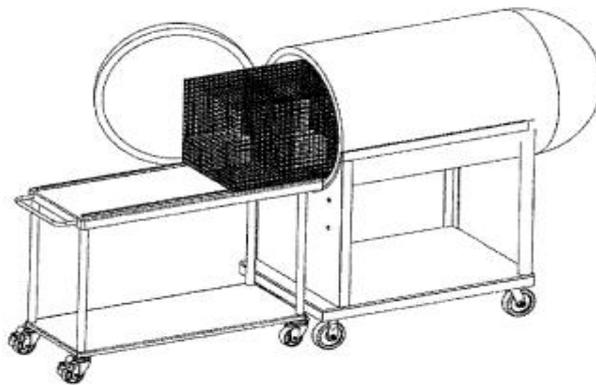
Las técnicas de desinfección son variadas y aunque tienen el mismo fin, muchas tienen distintos resultados.

### 1.1 Limpieza de billetes con fluido supercrítico

Un fluido supercrítico es aquel que está en condiciones de presión y temperatura superior a su punto crítico, se define como punto crítico, aquel en el cual las condiciones de líquido y vapor tienen igualdad de densidades.

#### Figura 1.

*Cámara de limpieza del fluido supercrítico*



**Nota.** La figura representa la cámara donde se ubica la pila de billetes para ser limpiada por el fluido supercrítico Tomado de: N. Lawandy, «Supercritical fluid cleaning of banknotes and secure documents». Estados Unidos Patente US 8.932.409 B2, 13 Enero 2015.

Se ha identificado que la coloración amarillenta en los billetes se debe a la acumulación de cebo oxidado proveniente de la piel humana, para esto plantean como solución la limpieza de los billetes con CO<sub>2</sub> supercrítico el cual puede eliminar la suciedad, y contaminantes incluidos colonias de bacterias, logrando reducir el peso de un billete contaminado hasta en un 4%. Este

método utiliza CO<sub>2</sub> a una temperatura de 60°C y 5000 PSI y tarda entre 1 y 2 Horas en desinfectar una pila de billetes como se muestra en la figura 1. [1]

## 1.2 Desinfección por ozono

El ozono es gas formado por tres átomos de oxígeno. Se crea en el momento en que las moléculas de oxígeno son lo suficientemente excitadas como para disociar el gas oxígeno y volverse oxígeno atómico, la colisión entre los diferentes átomos son los que dan paso a la creación del ozono. Es altamente peligroso para la salud, puede llegar a causar quemaduras en la piel, daños oculares, daños a órganos especialmente los del sistema respiratorio, además por su alto potencial oxidante puede ser altamente inflamable. [2]

**Tabla 1.**

*Datos identificados del ozono y sus pictogramas*

 <b>O<sub>3</sub></b>  <b>OZONO</b>	N° CAS:10028-15-6 N° CE: 233-069-2	
---	---------------------------------------	---

**Nota.** Esta tabla representa los pictogramas del Ozono y advertencias de seguridad. Tomado de «El ozono como desinfectante frente al coronavirus SARS-COV-2,» *Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo de España*, p. 4, 2020

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España, establece en la tabla 2, los principales efectos para la salud que se observaron y también los factores que aumentan el riesgo y gravedad de los efectos.

La desinfección por medio del ozono se debe a que sus propiedades químicas y estructura molecular hacen del ozono altamente oxidante, y al captar electrones de diferentes moléculas los oxida hasta destruir su material genético (ADN o ARN), gracias a esto es considerado uno de los métodos más rápidos y eficaces contra virus, bacterias, hongos y esporas. Los cuales son principales causas de problemas de salud en los humanos y malos olores, estos procedimientos de ozonización no tienen ningún tipo de residuos ya que el ozono al tener una composición molecular inestable tiende a volver a su forma original. [2]

La eficacia del desinfectante depende directamente del tiempo y la concentración con el que se aplica el ozono, esto se debe calcular y definir dependiendo del tipo de virus que se quiera eliminar. El principal problema de uso de ozono como desinfectante es que para llegar a esta condición se necesita tener una concentración de 20 ppm y al ser un oxidante que destruye la

composición molecular a partir de los 0,5 ppm es perjudicial para la salud y, el proceso y el estado en el cual se aplica el ozono se convierte en uno de sus más grandes problemas. [2]

**Tabla 2.**

*Efectos para la salud y factores de riesgo de la exposición del ozono*

<b>EFFECTOS PARA LA SALUD</b>	<b>FACTORES DE RIESGO</b>
<b>Disminución de la función pulmonar</b>	Aumento de la concentración de ozono en el aire
<b>Agravamiento del asma</b>	Realización de actividades que aumentan la frecuencia respiratoria
<b>Irritación de garganta y tos</b>	Preexistencia de enfermedades pulmonares
<b>Dolor en el pecho y falta de aliento</b>	
<b>Inflamación del tejido pulmonar</b>	
<b>Mayor susceptibilidad a la infección respiratoria</b>	

*Nota.* Representa cada uno de los efectos que pueden ocasionar el ozono en la salud y su factor de riesgo respectivamente. Tomado de «El ozono como desinfectante frente al coronavirus SARS-COV-2,» *Instituto Nacional de seguridad y salud en el trabajo de España*, p. 5, 2020

El SARS-COV-2 es un virus envuelto en proteínas lo que lo hace susceptible a la destrucción por desinfectantes y antivirales. En este caso el ozono utiliza su alto potencial oxidante para oxidar su envoltura viral, lo que ocasiona una modificación, destrucción o inactivación de su estructura. [2]

### **1.3 Desinfección por calentamiento**

La desinfección de superficies por medio del calor consiste en la aplicación de calor húmedo en forma de vapor saturado a las superficies que se quieren desinfectar, con el fin de elevar la temperatura de las superficies a por lo menos 80° C, con este método se comprobó la eliminación de diversos microorganismos patógenos algunos de ellos incluso a los 5 segundos de haber aplicado el procedimiento. [3]

El vapor logra introducirse a todas las irregularidades de las diferentes superficies y así puede llegar a desinfectar o esterilizar cada uno de los rincones de esta, y su velocidad y efectividad se debe a la acción que tiene sobre las proteínas que componen los virus bacterias y/o hongos, estas proteínas son claves para los microorganismos debido a que es por medio de ellas que se adhieren a la célula “huésped”, siendo así que al atacar las proteínas directamente se garantiza el impedimento de un microorganismo de reproducirse. [4]

**Tabla 3.***Tiempo de desinfección de agentes infecciosos por vapor saturado*

<b>BACTERIAS</b>	<b>TIEMPO DE CONTACTO</b>
MRSA (Methicillin-resistan Staphylococcus aureus)	5 segundos
VRE (Vancomycin-resistant Enterococcus faecalis)	5 segundos
Salmonela entérica	5 segundos
E. coli	5 segundos
Shigella flexneri	5 segundos
Pseudomonas aeruginosa	5 segundos
Staphylococcus aureus	5 segundos
Listeria monocytogenes	7 segundos
Clostridium difficile (endosporas)	5 segundos
<b>VIRUS</b>	
Norovirus (feline calicivirus)	7 segundos
Caninie parvovirus	7 segundos
Avian Influenza (Bird Flu) H9N2	7 segundos
<b>HONGOS</b>	
Candida albicans	5 segundos
Aspergillus niger	5 segundos
Tricophyton mentagrophytes	7 segundos

**Nota.** En esta tabla se muestran agentes infectantes comunes y el tiempo de desinfección necesario para desactivarlos por medio de vapor saturado. Tomado de: «Higieneambiental.com,» 12 Mayo 2009. [En línea]. Available: <https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/desinfeccion-termica-de-superficies>. [Último acceso: 25 Agosto 2020].

Sin embargo, las temperaturas elevadas tienden a desnaturalizar cierto tipo de superficies las cuales dependen del material del cual está diseñada, además de que, al utilizar vapor, generalmente deja residuos del líquido que se está vaporizando sobre las superficies a las que se realiza el procedimiento. [4]

De las principales ventajas de este método de desinfección son:

- La energía calorífica junto con el vapor penetra las todas las irregularidades de la superficie logrando un tratamiento más efectivo que la aplicación de agentes químicos. [4]

- El tiempo de desinfección por vapor saturado se logra en pocos segundos, mientras que los desinfectantes químicos lo hacen entre 5 y 10 minutos. [4]

En la tabla 3, se muestran los tiempos de desinfección por vapor según Test realizados.

#### **1.4 Amonios Cuaternarios (QACs)**

El amonio cuaternario corresponde a una familia de compuestos la cual, su estructura principal es el catión amonio ( $\text{NH}_4^{++}$ ), son solubles en agua y alcohol, algunas propiedades del amonio cuaternario son antimicrobianas, lo que permite que sea posible la interacción y desorganización de los lípidos de la membrana citoplasmática de las bacterias y virus con el fin de su destrucción. Los compuestos a base de amonio cuaternario se vienen dando a partir de la década de 1940 en donde empezó como un conservante para los distintos productos de limpieza (personal y doméstica), hoy en día en la industria de alimentos se encuentran entre los sistemas de esterilización y desinfección más utilizados. [5]

Los compuestos de amonio cuaternario son sustancias activas biocidas aprobadas por la unión europea, estos compuestos son muy estables y aun después de haberse aplicado sobre la superficie siguen siendo un agente desinfectante por varios minutos, además de esto se sabe que no tiene carácter corrosivo en los materiales, generalmente los amonios cuaternarios de cuarta y quinta generación son los comúnmente usados con fines desinfectantes y esterilizantes, los de cuarta generación como cloruro de didecil-dimetil de amonio o conocidos también como cadena gemela por sus cadenas alquílicas lineales, y los de quinta generación los cuales son mezclas de moléculas de segunda y cuarta generación. [5]

#### **1.5 Alcoholes**

Son compuestos hidrosolubles, los compuestos más conocidos como desinfectantes en la actualidad, se utilizan generalmente el alcohol etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) que es el más efectivo como viricida y el alcohol isopropílico ( $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ ) más efectivo como bactericida, en concentraciones entre el 60 y 80 % en agua destilada, tanto el etanol como el isopropílico actúan sobre bacterias, mico bacterias, hongos y virus de manera muy eficiente, siendo así el 70% de concentración el porcentaje ideal y más efectivo de ambos compuestos. [6]

El alcohol penetra en la región hidrocarbonada, y desorganiza la estructura lipídica generando lesiones en la membrana citoplasmática, esto se hace con la ayuda del agua destilada debido a que gracias a esta es más fácil el acceso a la membrana celular, por esta misma razón es que el alcohol no esteriliza sino desinfecta, su acción sobre la superficie puede ser incluso a partir de

los 15 s de su aplicación, es usado comúnmente como desinfectantes de material semi-crítico y no crítico y también en antisepsia en la piel humana. [6]

## **1.6 Cloros**

Pertenece a la familia de los compuestos halogenados, estos compuestos a base de cloro son los más utilizados comúnmente en el sector industrial como desinfectante, y es el más conocido método de tratamiento de aguas en la actualidad, se forma con moléculas diatómicas, se presenta en forma gaseosa a temperatura ambiente con una tonalidad amarilla casi verdosa, pero en su forma líquida es un oxidante, blanqueador y desinfectante muy eficiente. [6]

Entre los compuestos clorados más comunes están:

- Hipoclorito de sodio: Son los más usados en la desinfección doméstica, y superficies duras. [6]
- Cloraminas: Contiene un 25% de cloro, es el más usado en la desinfección y esterilización de agua potable. [6]
- Dicloroisocianurato de sodio (NaDCC): Se presenta en pastillas de 2,5g y 5g y es empleado como desinfectante hospitalario. [6]

Los productos a base de cloro se presentan en forma líquida los cuales se disuelven en agua con el fin de crear una solución en la que el ácido hipocloroso (HOCl) se activa para actuar como agente microbiano, en el marco del COVID-19 se recomienda una solución de 0,1% de esta manera se inactivaran la gran mayoría de agentes patógenos, sin embargo se recomienda en todos los casos hacer una desinfección sobre áreas limpias, previamente lavadas con el objetivo de lograr una completa activación del hipoclorito. [7]

## **1.7 Yodóforos**

Son una combinación de yodo y un agente portador, se califican como el cloro entre los antisépticos de los compuestos halogenados, el compuesto de yodóforos más conocido es el yodopolivinilpirrolidona, para el uso de estos se debe ser diluido, el yodo elemental actúa como oxidante y penetra la pared celular y provoca la precipitación de proteínas en los microorganismos. [6]

Algunas concentraciones se usan generalmente en la antisepsia en la piel, en concentraciones mayores se usan como desinfectante de implementos de seguridad en algunas plantas de alimentos. [6]

## 1.8 Luz ultravioleta

La luz ultravioleta (UV) es un tipo de radiación electromagnética invisible al ojo humano que comprende el espectro electromagnético ubicado entre los rayos X y la luz visible. Se conoce por tener longitudes de onda inferiores a los 400 nanómetros (nm) sabiendo que un nanómetro equivale a una milmillonésima parte de un metro. La luz ultravioleta se descubrió a mediados del año 1801 por el físico y filósofo Johann Wilhelm como resultado de un experimento que él llevaba a cabo con rayos que traspasaba la luz ultravioleta y hojas inmersas de cloruro de plata. La atmósfera y la capa de ozono cumplen un papel importante al absorber parcialmente la radiación UV emitida por lo que el descubrimiento de esta luz ultravioleta se hace en su mayor parte de manera artificial. [8]

**Tabla 4.**

*Matriz de priorización*

METODO DE DESINFECCION	FORMA DE APLICACION	TIEMPO DE ACCION DESPUES DE APLICACION	DAÑOS SOBRE EL PAPEL MONEDA	DAÑOS AL CONTACTO CON PERSONAS	PORCENTAJE DE EFICIENCIA TESTEADO	CALIFICACIÓN (1-5)
Luz Ultravioleta	Radiación	5 - 30 segundos	Nulos	Alto	90% - 99.9% (Alto)	4,2
Ozono	Nebulización	20 seg - 2 minutos	Bajo	Alto	95% - 99,999% (Alto)	4,0
Calor	Vapor caliente	10 - 15 minutos	Intermedio	Intermedio / Bajo	90% - 99.9% (Alto)	3,75
Amonio cuaternario	Vaporización	1 - 5 minutos	Bajo	Intermedio / Bajo	60%-75% (Intermedio / Bajo)	3,75
Alcoholes	Atomización líquida	3 - 5 minutos	Alto	Bajo	70%-90% (Intermedio / Alto)	3,5
Cloro	Atomización líquida	5 - 60 minutos	Alto	Bajo	60%-80% (Intermedio / Bajo)	2,5
Yodo foros	Atomización líquida	1,5 - 2 horas	Intermedio / Alto	Bajo	60%-80% (Intermedio / Bajo)	2,5

**Nota.** Esta tabla compara los métodos de desinfección según 5 indicadores y da una calificación en una escala de 1 a 5.

Al exponer a los microorganismos como bacterias, virus y protozoos, a las longitudes de onda germicidas de los rayos UV-C el ADN o ARN que componen este virus absorben los rayos artificiales y crean nuevos enlaces de nucleótidos creando dobles enlaces y por consiguiente haciendo un daño fotoquímico en el virus y genera que se imposibilite su capacidad para reproducirse e incluso de infectar esto se da gracias a los daños que provoca la luz ultravioleta en el ácido nucleico, y se logra a partir de longitudes de onda inferiores a los 253 nm. [9]

La desinfección por medio de la luz ultravioleta se considera como uno de los métodos más efectivos debido a que casi todos los microorganismos causantes de enfermedades son sensibles a los rayos UVC, y confirman su efectividad de más del 99% sobre las superficies a las que se les ha practicado este método. El método de la luz ultravioleta como esterilizante se ha venido utilizando durante décadas en la industria alimenticia, como purificador de agua e incluso como esterilizante de algunos elementos y equipos médicos. Esto le puede dar paso a la desinfección por UV como el método más amigable con el medio ambiente debido a que no necesita ningún tipo de sustancias químicas, con un bajo costo de uso.

### 1.8.1 Historia

En 1672 Isaac Newton demostró que la luz visible está compuesta por espectros de luz que van desde el rojo hasta el violeta. Para esto utilizó un prisma al cual hizo pasar luz blanca, y así obtener un espectro de luz de todos los colores visibles formando así un arcoíris. [10]

**Figura 2.**

*Prisma de Newton*



**Nota.** La figura representa la descomposición de la luz al pasar por un prisma Tomado de: C. Historia, «CurioSfera,» 11 Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-los-rayos-uva-y-su-descubridor/>. [Último acceso: 30 Septiembre 2020].

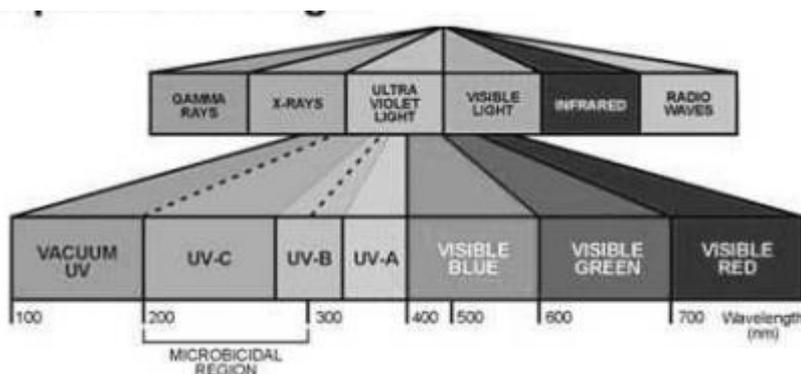
En 1800 Frederick William Herschel habló por primera vez de un espectro de luz más allá de lo visible demostrando la existencia de rayos infrarrojos (Más allá de la luz roja). Motivado por

el descubrimiento de la radiación Infrarroja Johann Wilhelm Ritter decide demostrar si existe un espectro de luz más allá de la luz violeta, utilizando cloruro de plata (material sensible a la luz) expuso los colores del espectro visible que se crea a partir de la luz solar a través de un prisma de vidrio. Observó que el cloruro de plata reacciona más rápido al extremo violeta del espectro. También observó que cuando acercaba el cloruro de plata al extremo violeta tenía una mayor reacción, de esta forma demostró la existencia de un espectro de luz invisible más allá del color violeta al cual nombró “Ultravioleta”.

La atmósfera y la capa de ozono cumplen un papel importante al absorber parcialmente la radiación UV emitida por lo que el descubrimiento de esta luz ultravioleta se hace en su mayor parte de manera artificial. [8]

**Figura 3.**

*Espectro de Luz Región Ultravioleta*



**Nota.** La figura explica el efecto de luz visible al ojo humano y especifica la región luz ultravioleta con sus tres rangos Tomado de: Z. Pachuau y R. C. Tiwari, Ultraviolet Light- its Effects and Applications, Mizoram University.

La luz ultravioleta (UV) es un tipo de radiación electromagnética invisible al ojo humano que comprende el espectro electromagnético ubicado entre los rayos X y la luz visible. Se conoce por tener longitudes de onda inferiores a los 400 nanómetros (nm) sabiendo que un nanómetro equivale a una milmillonésima parte de un metro.

### 1.8.2 Ventajas

- Libre de químicos: no necesita del uso de agentes químicos desinfectantes, por lo tanto, tampoco genera residuos que puedan llegar a ser tóxicos. [11]
- Confiable: desinfección de hasta un 99.99%, método eficiente. [11]

- Libre de humedad: la luz UV no genera humedad en las áreas aplicadas, además la mayoría de lámparas están protegidas por sellos contra la humedad. [11]
- Bajo costo de mantenimiento: Las lámparas de radiación UV son un sistema básico que no necesita mantenimiento ya que tienen horas de trabajo determinadas. [11]

### **1.8.3 Desventajas**

- La luz UV oxida fácilmente los metales. [11]
- Tóxica para seres vivos: Daños oculares y para la piel. [11]

### **1.8.4 Rangos**

El espectro de la luz ultravioleta se divide principalmente en tres tipos o rangos:

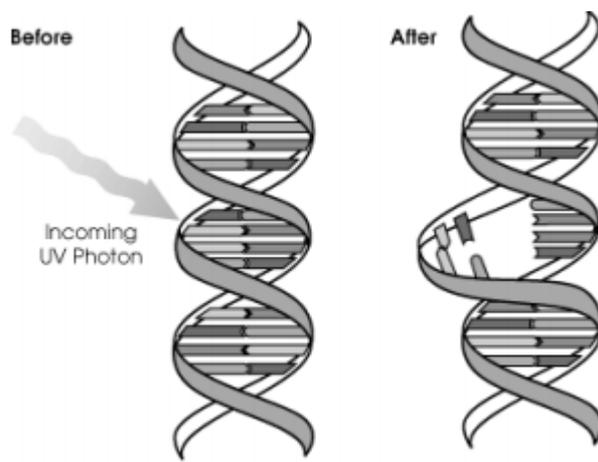
- Luz ultravioleta A (UVA), es la longitud de onda más larga del espectro ultravioleta en el rango de 315 nm a 400 nm de longitud, la energía compactada por unidad de fotón está entre 3,10 eV hasta 3,94 eV, este tipo de luz es considerada como la luz ultravioleta que menos filtra la capa de ozono por ende es la luz a la que está más acostumbrada a percibir los organismos del globo terráqueo, este tipo de luz generan bronceado sobre la piel en algunos casos quemaduras leves dependiendo de la sensibilidad. [12]
- Luz ultravioleta B (UV-B), una longitud de onda intermedia se encuentra en el rango entre 280 nm a 315 nm de longitud, la energía compactada por unidad de fotón está entre 3,94 eV hasta 4,43 eV, es la luz de naturaleza media pues la capa de ozono tiende a filtrar mejor que la UVA, genera quemaduras solares graves. [12]
- Luz ultravioleta C (UV-C o UVGI), la longitud de onda más corta del espectro ultravioleta está entre los 280 nm y los 100 nm de longitud, la energía compactada por cada unidad de fotón parte de los 4,43 eV y puede alcanzar hasta los 12,40 eV, esta luz se filtra casi que completamente por la capa de ozono siendo así la que menos contacto tiene con los organismos del globo terráqueo y del mismo modo resulta nocivo para los mismos, en la piel humana puede llegar a ser absorbido por el ADN y como resultado provocar cáncer e incluso algunas mutaciones en la piel. Es también el rango más eficaz para la eliminación de microorganismos como medio de desinfección y esterilización. [12]

La luz UV-C se produce a partir de un tubo de cuarzo fundido de silicio con un diámetro entre los 15 y 25 milímetros y una longitud entre 100 y 1200 milímetros, se llena dicho tubo con un gas inerte quien es el encargado de dar la descarga primaria para la excitación de las partículas de mercurio existentes en su interior. [12]

Al exponer a los microorganismos como bacterias, virus y protozoos, a las longitudes de onda germicidas de los rayos UV-C el ADN o ARN que componen este virus absorben los rayos artificiales y crean nuevos enlaces de nucleótidos creando dobles enlaces y por consiguiente haciendo un daño fotoquímico en el virus y genera que se imposibilite su capacidad para reproducirse e incluso de infectar esto se da gracias a los daños que provoca la luz ultravioleta en el ácido nucleico, y se logra a partir de longitudes de onda inferiores a los 253 nm. [13]

**Figura 4.**

*Estructura del ADN*



**Nota.** Esta figura muestra cómo la luz UV-C rompe la estructura de una cadena de ADN. Tomado de: Z. Pachuau y R. C. Tiwari, Ultraviolet Light- its Effects and Applications, Mizoram University.

La desinfección por medio de la luz ultravioleta se considera como uno de los métodos más efectivos debido a que casi todos los microorganismos causantes de enfermedades son sensibles a los rayos UVC, y confirman su efectividad de más del 99% sobre las superficies a las que se les ha practicado este método.<sup>7</sup> El método de la luz ultravioleta como esterilizante se ha venido utilizando durante décadas en la industria alimenticia, como purificador de agua e incluso como esterilizante de algunos elementos y equipos médicos. Esto le puede dar paso a la desinfección por UV como el método más amigable con el medio ambiente debido a que no necesita ningún tipo de sustancias químicas, con un bajo costo de uso. [13]

De igual manera la asociación internacional de ultravioleta en su artículo “Comportamiento de respuesta del SARS-CoV-2 a la dosis UV” dice que la radiación ultravioleta es mínimamente un 90%-95% efectivo para la inactivación del virus, sin embargo, la CDC (Center for Disease

Control and Prevention) asegura que la efectividad del UV-C sobre el COVID-19 dependerá de la absorción que tenga el virus ante la luz ultravioleta. [14]

**Tabla 5.**

*Resumen de la eficacia antimicrobiana del método de descontaminación*

<b>Método</b>	<b>Nivel de tratamiento</b>	<b>Microbio probado</b>	<b>Eficacia antimicrobiana</b>
Irradiación germicida ultravioleta (UVGI)	dosis de: 0.5–1.8 J / cm <sup>2</sup> con una longitud de onda de 253,4 nm	Influenza A (H1N1)	99.9% para todos los virus probados
		Virus de la gripe aviar A (H5N1), Influenza A de	
		baja patogenicidad	
		(H7N9),	
		A / Anhui /	
		1/2013 Influenza A (H7N9),	
		A / Shanghai /	
		1/2013 MERS-CoV	
		SARS-CoV	
		H1N1	
		Influenza A / PR /	
		8/34 bacteriófago MS2	

*Nota.* Tomada y adaptada de: CDC- *Descontaminación y reutilización de respiradores con máscara filtrante.*

Se encontraron además diferentes máquinas y mecanismos que hacen uso de la luz ultravioleta como desinfectante o esterilizante, los cuales, con especificaciones del rango de operación y dosis del espectro electromagnético similares a las esperadas en el diseño de nuestra máquina propuesta, recibieron certificaciones de diferentes entes como la certificación CE, la cual indica que el producto cumple con las directivas que se estipulan.

### **1.8.5 Aplicaciones**

1.8.5. a Medicina. La luz Ultravioleta C es utilizada en el área de la salud, con el principal objetivo de descontaminar todos los elementos de uso médico, como instrumentos quirúrgicos, elementos de protección, e instalaciones en general. Esto debido a que existen virus y bacterias inmunes al cloro y otros agentes químicos desinfectantes, por lo tanto, la UV-C es la más

efectiva en este caso. Además de la luz ultravioleta C, también se usan otros tipos de luz ultravioleta en medicina como por ejemplo para irradiar la sangre en transfusiones con el fin de destruir las células inmunitarias, logrando recepción y compatibilidad del donador, y logrando una descontaminación de la sangre de hasta el 100% de virus y bacterias [15]

Una de las aplicaciones más asombrosas de la Luz Ultravioleta conocida como UBI por sus siglas en inglés Ultraviolet Blood Irradiation (Radiación Ultravioleta de la Sangre) o Fotoluminiscencia, consiste en extraer una pequeña muestra de sangre de un paciente y exponerlo a radiación ultravioleta para volverle a ser suministrado por vía intravenosa, este método logra desactivar bacterias y virus contaminantes, activando los glóbulos blancos, aumentando la viscosidad de la sangre y el transporte de oxígeno, logrando disminuir la agregación plaquetaria. [15]

También es útil para tratar la Ictericia y eliminar el pigmento de la bilirrubina en bebés. Al exponer a los recién nacidos a cierto tipo de radiación UV esta ayuda a descomponer la bilirrubina disminuyendo el trabajo de los riñones [15]

1.8.5.b Esterilización de alimentos. La luz ultravioleta C, se ha usado en la industria de alimentos como método de desinfección de plantas de quesos y carnes, además para desinfección de superficies relacionadas, como: hornos, equipos de empaque y embalaje, cajas, tapas, botellas, tubos, cortadoras, rebanadoras, entre otros. También se ha utilizado para la esterilización de líquidos especialmente agua, que pueda ser utilizada en la industria de alimentos especialmente. En algunos alimentos se han realizado estudios específicos de cómo la luz ultravioleta C impacta su sabor y principales propiedades, con el objetivo de desinfectar. [16]

## **1.9 Generalidades**

El papel moneda está normalmente hecho en papel de seguridad en una proporción a grandes rasgos del 75% algodón y otro 25% lino, aunque estos son los principales materiales con los que se realiza el papel moneda, en cada país varía dependiendo de las configuraciones de seguridad que cada uno de estos requieren. Por ejemplo, el papel moneda estadounidense añade a sus billetes entre muchas cosas un proceso de finas fibras de hilo, rojas y azules, para que sea menos posible el proceso de falsificación, los billetes se llevan a cabo con una serie de medidas que no solo combaten la falsificación sino también aseguran la resistencia a la tracción, fricción y pliegues. [17] [18]

Debido a su composición el papel moneda posee una alta capacidad de absorción de grasas y residuos de microorganismos que se encuentran acumulados en las manos, lo cual hace de los billetes un vehículo para la rápida propagación de las bacterias. [19]

### ***1.9.1 Características del papel moneda colombiano***

El proceso de creación de los billetes colombianos tiene que pasar por 6 fases antes de ser distribuido, Impresión “offset”, donde se le imprimen los colores según su denominación; Calcografía, aquí se estampan las imágenes y textos principales del billete; Revisión automática, se realiza un escaneo de las dos caras del billete; Revisión manual, personal encargado revisa los pliegos de impresión; Impresión tipográfica, se le coloca el número serial de cada billete; por último el barnizado; se le aplica una capa de barniz transparente con el fin de aumentar su durabilidad. [17]

### ***1.9.2 Dimensiones***

**Tabla 6.**

*Dimensiones de billetes más utilizados*

<b>MONEDA</b>	<b>BILLETE DE DIMENSIÓN MAYOR (mm)</b>
<b>DÓLAR ESTADOUNIDENSE</b>	155,956 x 66,294
<b>EURO</b>	160 x 82
<b>DOLAR CANADIENSE</b>	152 x 70
<b>YEN JAPONÉS</b>	174 x 84
<b>DÓLAR AUSTRALIANO</b>	158 x 65
<b>LIBRA ESTERLINA</b>	156 x 85
<b>DOLAR NEOZELANDES</b>	155 x 74

*Nota.* Esta tabla representa las medidas (Lado x Ancho) de los billetes más utilizados en el mundo.

**Tabla 7.***Dimensiones de billetes colombianos*

NUEVA FAMILIA		BILLETES POR RETIRAR	
VALOR	DIMENSIONES	VALOR	DIMENSIONES
2.000 PESOS	128 x 66 mm	1.000 PESOS	130 x 65 mm
5.000 PESOS	133 x 66 mm	2.000 PESOS	130 x 65 mm
10.000 PESOS	138 x 66 mm	5.000 PESOS	140 x 70 mm
20.000 PESOS	143 x 66 mm	10.000 PESOS	140 x 70 mm
50.000 PESOS	148 x 66 mm	20.000 PESOS	140 x 70 mm
100.000 PESOS	153 x 66 mm	50.000 PESOS	140 x 70 mm

*Nota.* En esta tabla se muestran las dimensiones de los billetes colombianos de la nueva familia y por retirar

### **1.9.3 Virus y bacterias presentes**

Es importante aclarar que no existen brotes de enfermedades relacionadas con el dinero, no es común que las enfermedades sean transmitidas por el dinero, Sin embargo, Ian Thomson profesor de la universidad de ciencias de la ingeniería en la universidad de Oxford asegura que la cantidad de microorganismos hallados en un billete es suficiente para que transmitan algún tipo de infección. [20]

Según estudios de la universidad de nueva york del departamento de genoma y biología que fue publicado en el año 2017, verifica la existencia de al menos 3000 microbios en cada billete o moneda que hay en circulación, la mayoría de estos microbios provienen del cuerpo humano, se considera el dinero en efectivo uno de los transportes de todo tipo de microorganismos debido a su material y la gran absorción que este tiene, se sabe además que existen análisis que se le realizaron al efectivo en donde se encontraron hongos, virus e incluso residuos de ántrax y difteria que son enfermedades infecciosas graves. Autoridades sanitarias dicen que el contacto de la piel con el efectivo no es peligroso pero la interacción del dinero con alimentos o heridas abiertas o incluso con boca y nariz aumenta las probabilidades de adquirir enfermedades de tipo infección. [21]

En un estudio que se le realizó al papel moneda colombiano se encontraron alrededor de 230 géneros de bacterias los cuales más de 10 corresponden a especies bacterianas con potencial patógeno esto quiere decir que por medio de un billete colombiano cabe la posibilidad de adquirir al menos 10 enfermedades virales. En el documento titulado Microbiota bacteriana asociada al papel moneda de circulación en Colombia, se identificó que estos virus, bacterias y hongos dependen únicamente del contacto continuo con diferentes seres humanos para su reproducción. También en el mismo documento encontramos que las bacterias más comunes en los billetes de circulación de Colombia son entre muchos otros el Propionibacterium, Streptococcus y Staphylococcus, los cuales también son las bacterias más presentes en las manos humanas, además de esto se explica que estos microorganismos tienden a generar resistencias a muchos de los antibióticos y/o desinfectantes de uso cotidiano de los humanos, lo que nos lleva a concluir que la mayoría de los microorganismos que tengan la capacidad de sobrevivir en la superficie de la piel y principalmente en la fuente de contacto que son las manos es capaz de sobrevivir en la superficie del papel moneda a tal punto de ser posible la reproducción y contagio de los mismos microorganismos. [20]

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por diferentes universidades y revistas de investigación en la mayoría de billetes se encuentran en común los siguientes virus y bacterias, que para el caso de este proyecto se tendrán en cuenta con el objetivo de definir y resaltar el potencial patógeno:

- ADN de mascotas (perros y gatos), y hasta caballos
- Propionibacterium acnes Bacteria que causa el acné
- Streptococcus oralis Bacteria común encontrada en la boca del ser humano
- Huellas de cocaína en billetes de dólar
- Salmonella
- Cepa patógena de E. coli
- Staphylococcus
- Klebsiella
- Enterobacter
- Virus de la gripe
- Bacteria Corynebacterium Diphtheriae
- hongos
- Hantrax
- Staphylococcus aureus

## 2. DISEÑO CONCEPTUAL

### 2.1 Identificación del problema de diseño

El papel moneda que se usa a diario puede llegar a recorrer grandes distancias y lugares, además, de ser manipulado por un sinnúmero de personas sin algún tipo de cuidado o prevención sanitaria. El material con el cual están fabricados los billetes posee un alto porcentaje de algodón, el cual tiene alta capacidad de absorción o retención de diferentes tipos de partículas y/o microorganismos. De acuerdo con [20] el 91,1% de los billetes colombianos evaluados en este estudio presenta contaminación microbiana, arrojando los géneros más abundantes en estos billetes a los *Bacillus spp*, y *Estafilococos Coagulasa Negativos*. A estos se le suma la capacidad patogénica que tiene cada uno de estos microorganismos, es decir, la capacidad para transmitir enfermedades virales. En una recopilación de estudios realizados se encuentra uno en particular, el cual determina que en los billetes de circulación colombiana pueden llegar a encontrarse alrededor de 233 géneros bacterianos, de los cuales 12 de estos son especies con carácter patogénico. [19]

Debido a la crisis sanitaria que se desató a finales del 2019 a partir del nuevo coronavirus (SARS-COV-2), surge la necesidad de desinfectar todo tipo de superficies. A partir de esta necesidad se observa la carencia de un sistema de desinfección efectivo para papel moneda, que también sea práctico y pueda ser utilizado en múltiples ambientes. Además, cabe aclarar que aún no se contemplan sistemas de desinfección en billetes que garanticen una desinfección completa, y eviten el deterioro de los mismos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, este proyecto plantea como solución una máquina de desinfección para papel moneda utilizando un método efectivo de desinfección conocido como luz ultravioleta de tipo C, adaptado en un mecanismo de transmisión basándonos en la tecnología de las impresoras comunes.

Partiendo de esta propuesta de diseño, se realizará el diseño propio de la máquina con todas sus especificaciones y haciendo uso de todo material previamente obtenido, este proceso inicia con la caracterización de la población objetivo y sus necesidades para así dar una guía al acoplamiento de todos los sistemas de la máquina, para lo cual es necesario realizar un proceso de selección de material, geometrías y formas que garanticen un proceso de manufactura óptimos, que aporten al avance tecnológico del sistema de desinfección.

## **2.2 Definición de los requerimientos del cliente**

A finales del año 2019 como ya ha sido mencionado a lo largo de este documento, surge una nueva enfermedad transmitida por el nuevo coronavirus (COVID- 19), a partir de la cual emerge la necesidad de esterilizar ambientes, superficies, y todo tipo de objetos que están en constante contacto humano. Con el objetivo de responder a esta necesidad nace este proyecto, que, para cumplir con el objetivo general, pretende responder a las necesidades de sus potenciales usuarios.

El correcto proceso de identificación de necesidades de clientes y especificaciones de productos, depende directamente del producto, el sector implicado, del mercado competitivo que lo rodea y además de eso de lo que sea técnica y económicamente factible. No obstante, para facilitar prácticas efectivas de desarrollo de un producto, se puede generalizar un método de cinco pasos para la identificación de las necesidades del cliente que puede ayudar como punto de partida. [22]

Los 5 pasos sugeridos son:

1. Recopilar datos sin procesar de los clientes.
2. Interpretar los datos sin procesar en términos de las necesidades del cliente.
3. Organizar las necesidades en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y, de ser necesario terciarias.
4. Establecer la importancia relativa de las necesidades.
5. Reflexionar en los resultados y el proceso.

Teniendo como punto de partida lo anteriormente mencionado se va aterrizar el método presentado al actual proyecto.

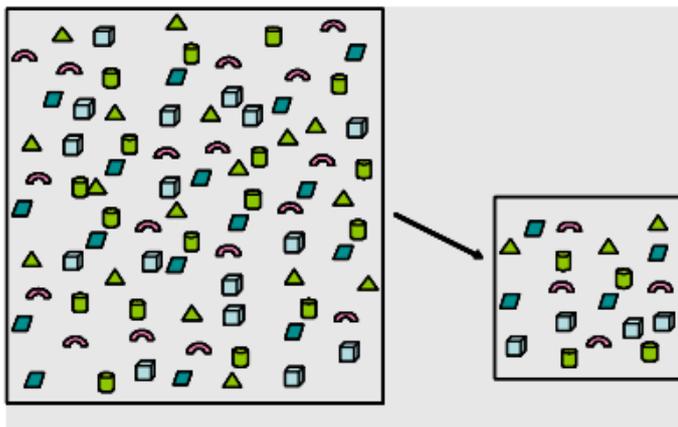
Para realizar una correcta recopilación de datos de los clientes es necesario hacer una serie de encuestas a la población objetivo a la cual se piensa puede ir dirigido el producto que se va a diseñar, para efectos de este proyecto, se realiza una encuesta con el único fin de reafirmar las necesidades del cliente que pueden ser solucionadas con la máquina propuesta en el documento. [22]

Para dar continuidad con este proceso es necesario contextualizar la encuesta en el ámbito estadístico, siendo así necesaria la definición de nuestra población, muestra, métodos de encuesta y el proceso de recolección y análisis de datos.

En primer lugar se considera como población estadística todo elemento, persona u objeto que tiene participación en la delimitación y alcance definida en un proyecto. [4], para el documento actual se establece como población aquella persona natural o jurídica, que tenga un constante flujo de papel moneda en su vida diaria y que se establezca en el año 2020, siendo esta la población objetivo a la cual puede ir dirigido el diseño propuesto, por lo tanto será la población para la cual se va a estructurar la encuesta, y de la que se pretende obtener información; no obstante la limitación de la población puede adherirse a las expectativas del diseño en cuanto a tiempo y espacio.

**Figura 5.**

*Representación gráfica de muestreo aleatorio*



**Nota.** En esta figura se observa cómo se toma un muestreo aleatorio de una población en general tomado de: J. C. Enric Mateu, «Tipos de Muestreo,» *Epidem*, vol. 3, nº 7, 2003.

Luego de establecer la población se procede a definir la forma y tipo de muestra conveniente para la encuesta. A Partir de información encontrada en, [23] y en consecuencia de que la población sea demasiado grande, la muestra que se va a utilizar tiende a ser un porcentaje relativamente pequeño, por lo cual se vuelve una muestra compleja de caracterizar, es por esto que es necesario asociar la encuesta con el muestreo mixto, el cual reúne dos o más métodos de muestreo definidos en el artículo. [23]

En primer lugar, se utiliza un *muestreo aleatorio simple*, el cual es considerado el método conceptual de muestreo más sencillo, consiste en la extracción de individuos al azar de una lista, este método se va a utilizar en la primera etapa de la encuesta, etapa donde se quiere establecer información general de la población y tener un punto de partida para depurar minuciosamente la muestra. El segundo método de muestreo a utilizar consiste en el *muestreo*

*aleatorio estratificado*, el cual consiste en la segmentación de la muestra relacionada con una variable específica que se desea investigar, este método se utiliza en el segundo fragmento de la encuesta en donde se desea establecer la carencia o existencia de algún método de desinfección para el papel moneda, la cual se establece como nuestra variable a investigar y esta misma se pretende dividir en efectividad y confiabilidad del método. De tal manera que se espere que la participación de la muestra sea lo más acercado a la caracterización de la población general, lo que asegura unos datos verídicos y confiables en medio de la investigación.

Como resultado del análisis de la muestra teniendo en cuenta la población planteada anteriormente se opta por abarcar el mayor número de individuos posibles, partiendo del principio de un *muestreo aleatorio simple* y un *muestreo mixto* tal y como lo indica [23], se obtiene como resultado un alcance de 203 individuos que en su totalidad se encuentran dentro de la población global de nuestro proyecto.

Teniendo en cuenta lo mencionado y con el objetivo de establecer la necesidad que pueda existir una máquina de desinfección de papel moneda, se crea el formulario 1, donde se establecen preguntas que nos permiten validar cuantitativamente factores importantes como lo son:

1. La necesidad de desinfección del papel moneda.
2. La incertidumbre del contagio por medio del papel moneda.
3. Repudio generado hacia el papel moneda a raíz de la pandemia.
4. Participación porcentual del papel moneda en las transacciones económicas de la vida cotidiana.
5. Carencia o existencia de protocolos de desinfección de papel moneda.
6. Confianza sobre métodos de desinfección.

Tomando como punto de partida lo anterior, se realizó la estructuración de la encuesta corta con un formato sencillo y preguntas únicas con el fin de definir los factores uno a uno de manera clara y puntual. La encuesta se divide en dos secciones, un general tipo aleatorio simple, y otra sesgada con el fin de establecer la actualidad de la variable a investigar tipo *aleatorio estratificado*.

Las preguntas formuladas en la encuesta fueron:

## SECCION A.

1. En una escala del 1 al 5 ¿qué tan necesario considera usted la desinfección de los billetes? (Siendo 5 muy necesario y 1 poco o nada necesario).
2. ¿Cree usted que se puede contagiar de alguna enfermedad por medio del contacto con billetes?
3. A raíz de la pandemia actual, ¿considera usted que ha disminuido el uso del papel moneda en su vida diaria, como método de prevención?
4. De las transacciones económicas que usted hace, ¿Qué porcentaje realiza en efectivo?

## SECCION B.

1. ¿De los siguientes métodos cuál considera el más confiable? (Alcohol y sus derivados, Amonio cuaternario, Rayos UV-C, Calentamiento, Agentes químicos).
2. ¿Tiene algún protocolo para la desinfección de los billetes?
3. Si la respuesta anterior fue afirmativa ¿Qué método o protocolo utiliza para la desinfección de billetes?
4. En una escala de 1 a 10 ¿Qué tan confiable considera el método que usted utiliza? (donde 10 es muy confiable y 1 nada confiable).

Cada una de estas preguntas está asociada con los factores descritos con el objetivo de cuantificar cada uno de ellos; al finalizar la encuesta se obtuvo un número total de respuestas de 203 individuos los cuales serán analizados como el 100% del muestreo.

Tomando como base lo descrito en [24], para realizar el análisis de las encuestas que permitan estudiar la estructura de la información de manera global, es necesario caracterizar la encuesta con las siguientes etapas.

- Descripciones elementales.
- Pruebas de coherencia global.
- Pruebas de hipótesis clásicas.
- Conclusiones.

En primera etapa el objetivo principal es darle paso a la descripción de cada una de las respuestas obtenidas en la encuesta con el fin de poder dar una primera impresión de lo que generó la encuesta y conocer la estructura de la muestra obtenida. En la segunda etapa se estudia la estructura de los datos y la topología de los mismos. La tercera etapa trata de constatar si los comportamientos y resultados de la encuesta tiene coherencia y no existan diferencias significativas que afecten el proceso de análisis. Por último, se hace la conclusión de la encuesta

teniendo en cuenta los factores que se piensan responder al momento de la formulación de la encuesta. Siguiendo con esta modalidad se procede a realizar la descripción de nuestra encuesta con números y porcentajes, así mismo como el análisis de la estructura de los datos.

Sección A.

De la primera sección de la encuesta la primera pregunta dedicada a la existencia de la necesidad de un método de desinfección, se obtuvo como resultado que un 49,8% de la población encuestada considera muy necesaria la desinfección de los billetes, un 26,6% la considera apenas necesaria, un 16,7% considera relevante, y el porcentaje restante (6,9%), considera poco o nada necesaria la desinfección de billetes (Figura 6) (Tabla 5).

En la segunda pregunta se obtuvo que el 90% de las personas encuestadas creen en la posibilidad de adquirir alguna enfermedad por medio del contacto con el papel moneda.

Como resultado de la tercera pregunta del cuestionario se obtuvo que el 56% de la muestra, a raíz de la pandemia y como medio de prevención han disminuido el uso del papel moneda en su vida cotidiana (Figura 8).

Por último, la pregunta 4 con énfasis en la participación del papel moneda en la vida cotidiana, nos mostró que más del 60% de la población, hace entre el 50% y 100% de sus transacciones económicas por medio del dinero en efectivo de los cuales el 28,7% de la población hace más del 80% de sus transacciones económicas en efectivo. (Figura 9) (Tabla 6).

**Tabla 8.**

*Necesidad de desinfección de billetes*

<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR NUMÉRICO</b>
MEDIA	4,177339901
MODA	5
MEDIANA	3

*Nota.* En esta tabla se muestran los datos estadísticos a la pregunta, en una escala de 1 a 5, ¿Qué tan necesario considera usted la desinfección de billetes?

**Tabla 9.**

*Participación porcentual del papel moneda en la cotidianidad*

INDICADOR	VALOR NUMÉRICO
MEDIA	53,89%
MODA	50%
MEDIANA	50%

*Nota.* En esta tabla se muestran los principales datos estadísticos del porcentaje de participación del papel moneda en la cotidianidad

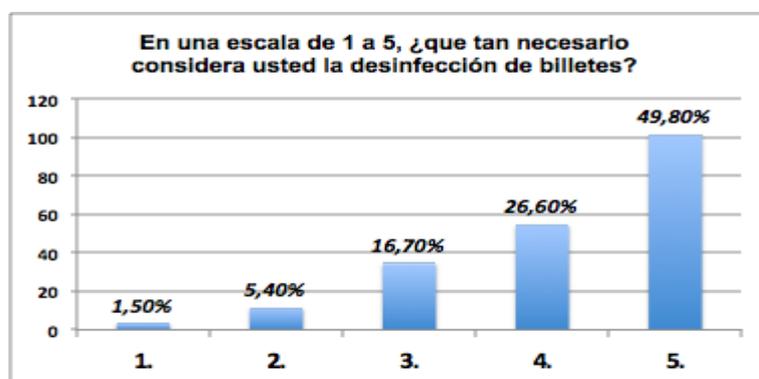
## Sección B

En la segunda sección de la entrevista, se involucró en la pregunta 5 a toda la población encuestada para establecer la representación del sistema UV-C como desinfectante dentro del conocimiento de la población, teniendo como resultado que para el 50,5% de la población el método más confiable para la desinfección es el alcohol, seguido con un 25,3% de la radiación ultravioleta tipo C, el 11% escogió el amonio cuaternario, otro 11% agentes químicos y el restante 2,2% puso calentamiento como método de desinfección (Figura 10).

La pregunta 6 arrojó que un 63,1% de la toda población encuestada NO desinfecta los billetes (Figura 11). Es aquí donde se fracciona la encuesta según nuestra variable de investigación.

**Figura 6.**

Diagrama de barras necesidad de desinfección de billetes

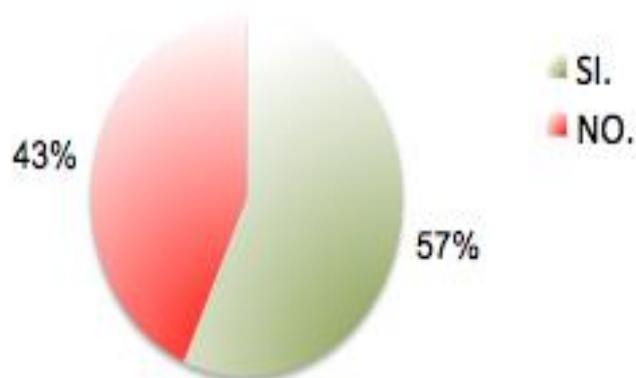


*Nota.* La figura representa en una escala de 1 a 5 la percepción que tiene la población acerca de la necesidad de una máquina de desinfección de billetes

**Figura 7.**

*Diagrama circular disminución del uso de papel moneda*

**A raíz de la pandemia actual, ¿considera usted que ha disminuido el uso del papel moneda en su vida diaria, como método prevención?**

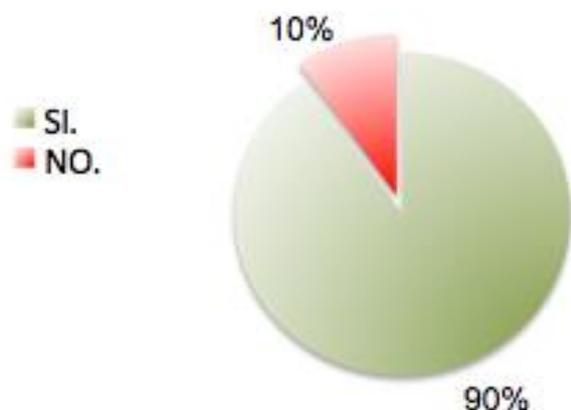


*Nota.* Este diagrama representa el porcentaje de la población muestra que ha disminuido el uso de papel moneda.

**Figura 8.**

*Diagrama circular inseguridad sanitaria del papel moneda*

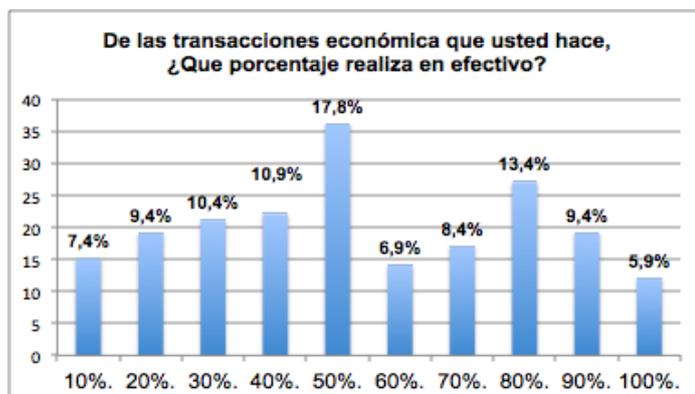
**¿Cree usted que se puede contagiar de alguna enfermedad por medio del contacto con un billete?**



*Nota.* Este diagrama representa el porcentaje de la población que considera el papel moneda como una amenaza latente para el contagio de COVID-19

**Figura 9.**

*Diagrama de barras porcentaje de transacciones en efectivo*



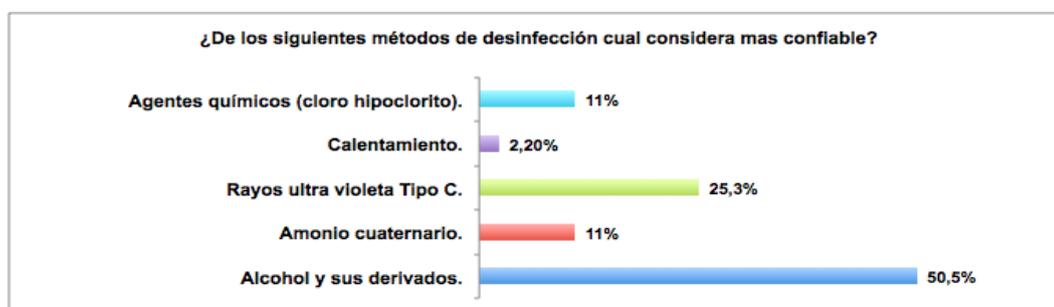
**Nota.** Este diagrama representa el porcentaje de las transacciones económicas realizadas en efectivo por la población muestra

Entre las personas que SI desinfectan los billetes los resultados de la séptima pregunta nos ayudaron a definir qué el 85,3% de los que lo hacen, lo hacen con métodos caseros de desinfección que contienen alcohol y sus derivados, el 5,9% utiliza amonio cuaternario otro 5,9% agentes químicos como cloro e hipoclorito y finalmente un 2,9% utiliza un método de desinfección no mencionado (Figura 12).

Por último, con el fin de medir la confiabilidad de las personas por su método de desinfección, como resultado dio que el 23,5% de la población encuestada, le da una puntuación de 8/10 y el mismo porcentaje de 23,5% de la población da un 7/10 a la efectividad del método que utiliza para la desinfección de billetes, siendo este el mayor porcentaje obtenido en esta pregunta (Figura 13).

**Figura 10.**

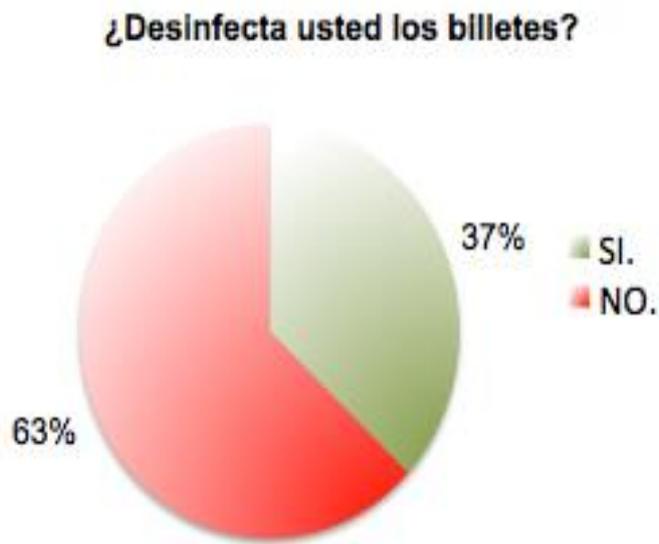
*Diagrama de barras confiabilidad de los métodos de desinfección*



**Nota.** Esta figura representa la confiabilidad de la población muestra respecto a los métodos de desinfección más comunes

**Figura 11.**

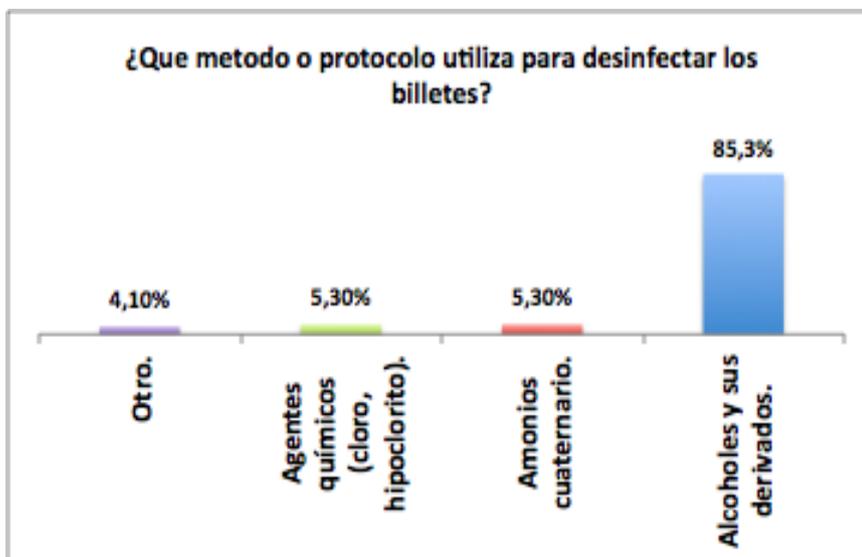
*Diagrama circular Existencia de protocolos de desinfección de billetes*



*Nota.* Esta figura representa el porcentaje de la población que hace uso de protocolos para la desinfección del papel moneda

**Figura 12 .**

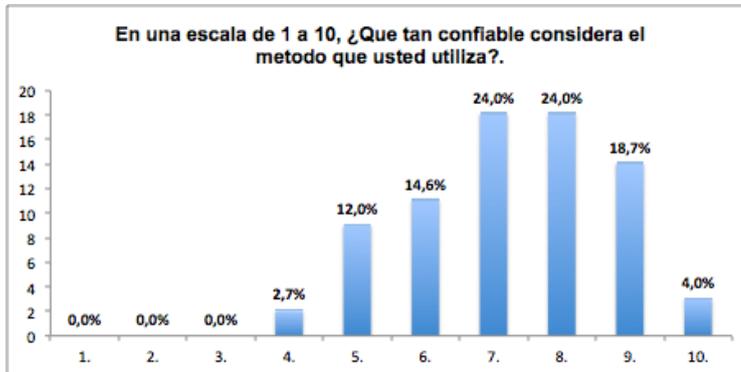
*Protocolos utilizados para desinfección de billetes*



*Nota.* Esta figura muestra el porcentaje de los protocolos de desinfección usados

**Figura 13.**

*Confiabilidad de los protocolos*



**Nota.** Esta figura muestra el porcentaje de confiabilidad que los usuarios tienen con los protocolos de desinfección utilizados

En forma de análisis de la encuesta y siguiendo con el lineamiento de *pruebas de hipótesis clásicas*, se puede observar por los datos y las gráficas arrojadas por la encuesta que, la muestra de la población encuestada tiene un comportamiento estructurado, que tiene una relación de variables distribuidas en las opciones de respuesta, pero aun así en cada pregunta existe de forma puntual una o dos opciones que prevalecen sobre las demás, dejando ver la inexistencia de diferencias significativas que alteren excesivamente el análisis de la encuesta, esto le da credibilidad a la encuesta y además le da validez a la muestra que se obtuvo, por ende se puede afirmar que la encuesta es entonces una representación muy acertada de la población o universo que se planteó en el inicio de la encuesta. [24]

Seguidamente y con ayuda del proceso establecido anteriormente se puede llegar fácilmente a establecer una serie de conclusiones que nos ayuden a cuantificar y estructurar los factores que pretendía desde un inicio responder la encuesta.

De la encuesta se pueden hacer las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, se observa la importancia y necesidad de la existencia de un método para desinfectar los billetes de tal manera que genere confiabilidad a los usuarios y certeza de un proceso efectivo.
- Es claro que, aunque la mayoría de la población cree en la posibilidad de adquirir alguna enfermedad por medio de un billete, el 64% de esta población NO desinfecta los billetes como método de prevención de contagio.

- Se puede observar que el uso del papel moneda ha disminuido en la vida cotidiana de la población encuestada a raíz de la pandemia, pero aun así sigue existiendo un gran porcentaje de dependencia al efectivo en las transacciones económicas del diario vivir, esto nos indica la alta participación del efectivo en la cotidianidad de la población.
- Con respecto a la aceptación del método de desinfección por UV-C, se puede contemplar que el primer método de desinfección en el cual las personas más confían es el alcohol (Técnicas caseras, spray, atomizador, etc.), poniendo en segundo lugar a la desinfección por UV-C, siendo así, se entiende que para ser un método “nuevo” y poco mencionado en la actualidad, tiene un alto nivel de aceptación y confianza por parte de la población.

Teniendo clara la necesidad de existencia de un método de desinfección de billetes, y considerando que en [22], otro método efectivo para recopilar datos de los potenciales clientes o usuarios de algún producto existente o nuevo, consiste en *observar el producto en uso*, puesto que esto da a conocer detalles importantes que en una encuesta no se obtienen de manera natural, la observación puede no implicar interacción con el usuario o potencial cliente, o también puede ser una observación inducida, trabajando junto al cliente, lo cual genera una interacción directa con el ambiente de uso real del producto.

Para Michael J. Spendolini este proceso es descrito como el Benchmarking o evaluación comparativa, lo cual consiste en evaluar los productos, servicios y procesos, con el objetivo de las mejoras organizacionales. La utilización del Benchmarking en la industria va totalmente ligado al comportamiento del objeto en estudio dentro del mercado competitivo. Para Spendolini, no se trata de una comparación de un producto dentro de la competencia líder del mercado, sino del comportamiento del producto en el campo de acción al que se pretende va dirigido. Un proceso de Benchmarking se desarrolla por medio de un *modelo de proceso*, el cual debe proporcionar estructura y un lenguaje común al análisis del producto, una estructura por qué se debe tener un ideal del esqueleto base del objeto o producto que está en estudio, Spendolini pone el claro ejemplo de que “aunque la estructura de dos casas puede ser muy similar en cuanto a apariencia y función, los productos terminados, en este caso casas, pueden variar enormemente.” [25], y un lenguaje común, se explica cómo el vocabulario utilizado en el ambiente objetivo del producto, por ejemplo, cuando la palabra “desinfección” es utilizada de forma natural y constante en un espacio el cual carece de un método de desinfección, es clara la necesidad del método y por ende pone en contexto el modelo del proceso.

Para el caso de este proyecto será necesario observar al cliente que podría necesitar la máquina propuesta, consideramos que de esta manera podemos establecer detalles importantes que nos

indiquen las necesidades del cliente, y detalles que además el mismo cliente en una encuesta no podrá responder, por ejemplo, cuando preguntamos a un cliente si se lava las manos después de usar el papel moneda, lo más seguro es que responda que sí, por la presión que ejercen estas preguntas y el miedo a ser juzgados de manera negativa. A Veces preguntarle a un cliente lo que quiere no es necesariamente certeza de que sea lo que se diseñará.

Observando la situación actual especialmente en la región colombiana y para ser más precisos en la capital (Bogotá D.C), el primer factor para analizar es encontrar los lugares donde hay un flujo de efectivo constante y pocos protocolos a la hora de la manipulación del efectivo, como resultado se evidencia que los pequeños y medianos establecimientos de comercio abiertos al público, son uno de los principales sectores de intercambio de papel moneda, por esta razón estos establecimientos se convierten para el proyecto el principal objeto de observación.

Para efectos de la observación de los potenciales clientes y el mercado objetivo de la máquina propuesta, al igual que en la encuesta anteriormente presentada, se definirán una serie de factores que pretende responder la observación con el fin de facilitar el proceso de la definición de las necesidades del cliente, dichos factores se establecen luego priorizar las variables de la máquina y sus posibles resultados.

Los factores a observar son:

1. Disponibilidad de espacio para una máquina de desinfección.
2. Existencia de protocolos de desinfección de papel moneda (a modo de complemento de la encuesta).
3. Flujo de dinero en efectivo por unidad de tiempo.
4. Capacidad de instalación y mantenimiento de la máquina de desinfección.
5. Disposición de zona apta para el trabajo óptimo de la máquina (toma corrientes, fácil acceso etc.)

Cada uno de los factores a observar nos ayuda a contemplar el posible comportamiento del ambiente y entorno en donde podría estar presente la máquina de desinfección.

De la anterior observación y con ayuda de las conclusiones de la encuesta realizada anteriormente, en la Tabla 7 se muestra como resultado algunas necesidades latentes que son para efectos de este proyecto la más relevante a la hora de estipular un diseño conceptual, estas necesidades han sido priorizadas con respecto a características del funcionamiento propio de la máquina esperado.

**Tabla 10.**

*Requerimientos del cliente*

1	Máquina compacta
2	Fácil de transportar
3	Fácil instalación
4	Durable y resistente.
5	Fácil de usar y configurar
6	Mínimo de contraindicaciones para la salud
7	Mínimo consumo de energía eléctrica
8	Garantizar la desinfección
9	Fácil mantenimiento
10	Asegurar desinfección en límite de tiempo.
11	Garantizar el cuidado del papel moneda.
12	Impacto ambiental mínimo.
13	Bi voltaje (BiVolt)
14	Apto para todos los tamaños de billetes en circulación.

**Nota.** En esta tabla se reflejan los requerimientos del cliente como conclusión del proceso de benchmarking.

### 2.3 QFD especificaciones de ingeniería

Continuando con la metodología del libro “Diseño y desarrollo de productos”, el cual consiste en un diseño por objetivos, se determinan las especificaciones de ingeniería siguiendo estos pasos:

1. Elaborar una lista de métricas
2. Recabar información de comparaciones con la competencia.
3. Establecer valores meta ideales y marginalmente aceptables.
4. Reflexionar en los resultados y el proceso

Para desarrollar el primer paso, según [22] debemos realizar una lista de métricas, con el fin de que estas traduzcan las necesidades en un conjunto de especificaciones, cuantificables y precisas. Con el objetivo que estas puedan satisfacer las necesidades.

**Tabla 11.**

*Lista de métricas*

1	Porcentaje de desinfección (%)
2	Intervalos de mantenimiento (meses)
3	Formatos de entrada de papel (mm)
4	Voltaje de alimentación (V)
5	Corriente nominal
6	Potencia de la lámpara
7	Capacidad de desinfección por unidad de tiempo
8	Dosis (tiempo de exposición en función de potencia)
9	Desgaste del papel moneda
10	Huella de carbono (tCO <sub>2</sub> e) tasa de emisión de CO <sub>2</sub> en toneladas
11	Tiempo de instalación (s)
12	Número de contraindicaciones

**Nota.** En esta tabla se muestran la lista de métricas traducidas de los requerimientos del cliente

Siendo este un proyecto que tiene como objetivo principal el diseño de una máquina de desinfección de billetes, no es necesario recabar información de la competencia ya que se supone que actualmente no hay un sistema que realice las funciones que pretende realizar esta

máquina, sin embargo si es posible comparar con respecto a los métodos actuales con los que se hace la desinfección, reiteradamente se ha mencionado en el primer capítulo de este documento la acción de otras maneras de desinfectar y además se intenta evaluar en la recopilación de datos la confiabilidad de estos sistemas lo que nos permite definir aspectos importantes de las especificaciones como lo son el porcentaje de desinfección y el tiempo en que la máquina lo hará, de esta manera podemos diseñar una máquina confiable y eficiente respecto a los otro métodos.

Una vez identificadas las métricas en la tabla 11 se desarrollará el despliegue de la función de calidad, para realizar la casa de la calidad donde se pretende responder todas las métricas con el objetivo de definir las especificaciones de ingeniería.

- Formato de entrada de papel

**Tabla 12.**

*Medidas en milímetros de billetes más comunes*

Moneda/Und.	Peso Col (X1000)	Dólar Americano	Euro	Yuan	Yen (X1000)
1	N/A	156 x 67	NA	130 x 63	150 x 76
2	128 x 66	156 x 67	NA	135 x 63	154 x 76
5	133 x 66	156 x 67	120 x 62	140 x 70	156 x 76
10	138 x 66	156 x 67	127 x 67	150 x 70	160 x 76
20	143 x 66	156 x 67	133 x 72	145 x 77	N/A
50	148 x 66	156 x 67	140 x 77	150 x 70	N/A
100	153 x 66	156 x 67	147 x 82	155 x 77	N/A
200	N/A	N/A	153 x 82	N/A	N/A
500	N/A	N/A	160 x 82	N/A	N/A

**Nota.** En esta tabla están plasmadas las dimensiones de los billetes más utilizados

- Porcentaje de desinfección

Analizando la bibliografía observamos que en la mayoría de estudios realizados acerca de la desinfección con luz ultravioleta, definen como porcentaje mínimo de desinfección un 98%, esto si se utilizan dosis apropiadas, de esta manera podemos concluir que el porcentaje de desinfección mínimo esperado será del 98%.

- Intervalos de mantenimiento

Los intervalos de mantenimiento serán anualmente, teniendo en cuenta que la lámpara tiene entre 12.000 y 15.000 horas de vida útil, por lo tanto, se recomienda una revisión anual general de todos los componentes ya que se trata de una máquina compacta.

Teniendo en cuenta que los billetes entrarán al sistema por la parte frontal para facilitar el transporte y ya que se trata de un mecanismo de rodillos donde el papel pasará a través de él sin importar su longitud, debemos concentrarnos únicamente en una dimensión, por lo tanto la bandeja de entrada y salida se diseñarán con un tamaño máximo de 91 mm; este valor se selecciona teniendo en cuenta que el billete más ancho de la anterior tabla es el de 100, 200 y 500 Euros con 82mm de ancho, aplicando un factor de sobredimensionamiento del 10%, se obtiene el valor de 91 mm para la dimensión de la bandeja de entrada y salida. Este factor se aplica en caso de existir la necesidad de desinfectar alguna otra divisa de mayor tamaño que no se encuentre en la tabla, y también para garantizar el cuidado del papel moneda

**Figura 14.**

*Billete de 50.000 pesos colombiano*



**Nota.** En esta figura se ilustra el billete de 50.000 pesos colombiano de la nueva familia y se nombran los lados del billete. Tomado y adaptado de:

- Voltaje de alimentación

Con el objetivo de asegurar que la máquina se podrá utilizar en cualquier lugar, se diseñará un sistema eléctrico Bi-Voltaico que permita resistir tensiones entre 110 y 220 voltios

- Corriente nominal

La corriente nominal de la maquina se promedia entre 0.8 a 1.2 amperios ya que utiliza una fuente para transformar el voltaje de 110V o 220V a 12V generalmente este tipo de dispositivos manejan estos intervalos de corriente.

- Potencia de la lámpara

La potencia de la lámpara se espera que este entre 8W a 14W, este es el promedio de las lámparas de ese tipo y tamaño con las nuevas tecnologías de ahorro de energía.

- Capacidad de desinfección por unidad de tiempo

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas, y de acuerdo con la Asociación internacional de luz ultravioleta se definen en la mayoría de casos 6 segundos de exposición como el tiempo óptimo para lograr una desinfección completa, por lo tanto, al omitir la configuración del sistema mecánico de la máquina y las posibilidades de aumentar la velocidad de desinfección, la capacidad mínima esperada seria de 10 billetes por minuto

- Dosis

La dosis de luz ultravioleta es el resultado de la operación ( $D = I * T$ ) (1), donde I es la intensidad lumínica de la lámpara UV, expresada en energía por unidad de área de la superficie en exposición ( $W/cm^2$ ); y T viene siendo el tiempo de exposición de la superficie a la radiación UV. A partir de la dosis obtenida por esta ecuación podemos hacer la relación de dosis-destrucción donde se estipula según la dosis esperada matemáticamente, que alcance de destrucción de microorganismos tiene la configuración de la radiación ultravioleta, esta relación se da a partir de la ecuación  $N/N^o = e^{-KD}$ (2).

Dónde: N es el número inicial de microorganismos,  $N^o$  es el número objetivo de microorganismos después del tratamiento, K es la constante que se asocia a los microorganismos, y D es la dosis de radiación ultravioleta. [12]

- Desgaste de papel moneda

El desgaste del papel moneda por el paso y funcionamiento de la máquina es difícil de medir en una escala porcentual o numérica, puesto que, en el desgaste del papel moneda juegan factores muy importantes como el deterioro con el que entra el papel moneda al mecanismo, la

situación o escenarios a los cuales se ha sometido dicho papel moneda entre otros, que dificultan el proceso de cuantificación de este factor.

No obstante se midieron las cualidades que tiene la máquina y los componentes que afectan directa e indirectamente la forma física del papel moneda, en base a esto se espera que el desgaste del papel moneda sea mínimo, esto se debe, por un lado a que las propiedades de la radiación ultravioleta en un ambiente controlado como el que se propone en el actual proyecto, y utilizando la dosis y la radiación apropiadas, mantienen y conservan las características físicas del papel moneda y garantizan de manera eficiente la desinfección del mismo, además de esto se tiene en cuenta, que los sistemas de transporte, sistema de entrada y sistema de salida, siendo estos los principales sistemas que operan en contacto con el papel moneda, están configurados de tal manera que los componentes como tensión y arrastre del billete sean los más óptimos para el desarrollo del proceso pero de la misma forma mantengan las particularidades del papel moneda.

- Tiempo de instalación

La propuesta de instalación que se genera para la máquina de desinfección es un sistema esencial, que da la garantía al usuario del correcto funcionamiento del mecanismo tanto eléctrico como mecánico, esto gracias a que los sistemas de alimentación eléctrica y la forma física compacta del mecanismo, ayudan a que el sistema de instalación se resuma en un cable tomacorriente que puede ser portátil, lo cual asegura un proceso sencillo y rápido que el usuario puede realizar de manera fácil al momento de haber obtenido el mecanismo.

- Numero de contraindicaciones

Como se ha mencionado anteriormente a lo largo de este documento, la luz ultravioleta de tipo C representa un peligro para el ser humano, debido a la diminuta longitud de su onda que puede causar daños oculares y en la piel. Sin embargo, este proyecto pretende diseñar una máquina que reduzca a cero la posibilidad de contacto entre la radiación UV-C y el usuario, para cumplir con este objetivo el diseño debe encerrar por completo el sistema de radiación, de esta manera lograríamos reducir a cero el número de contraindicaciones. Es probable que por cuestiones de mantenimiento sea necesario acceder a la cámara de desinfección, por lo cual se pretende agregar sensores que impidan el funcionamiento de la lámpara cuando este en mantenimiento. Así mismo en el manual de mantenimiento y seguridad se dejará advertencia de los riesgos y las recomendaciones a tener en cuenta.

**Tabla 13.***Especificaciones de ingeniería*

1	Cantidad de billetes desinfectados por unidad de tiempo (#/t)
2	Porcentaje de desinfección (%)
3	Formatos de recepción de la bandeja de entrada de papel (mm x mm)
4	Dosis (mJ/Cm <sup>2</sup> )
5	Potencia nominal (W)
6	Voltaje de alimentación (V)
7	Intervalos de mantenimiento (Horas)
8	Corriente Nominal (amp)
9	Un solo paso de desinfección (por ambas caras)

**Nota.** En esta tabla se muestran las especificaciones de ingeniería finales que tendrá el producto

**2.4 Diseño conceptual**

Teniendo claras las necesidades del cliente, sus respectivas métricas y el proceso de QFD y especificaciones del cliente totalmente definido, se pasa a la etapa de diseño conceptual y la definición de los mecanismos principales de la máquina, en esta etapa es vital establecer una descripción concisa del diseño que va a darle solución a todas las especificaciones y necesidades del cliente, esto se hace por medio de la generación de conceptos, conceptos en donde se debe dar una definición aproximada de los elementos, tecnología, geometrías y modo funcional de la máquina.

Para Ulrich en [22], la generación de conceptos es parte vital del desarrollo de un diseño conceptual, y a la vez el diseño conceptual de cualquier producto es fundamental para la existencia y viabilidad del mismo, asegura que “el grado en que un producto satisface al cliente y puede ser comercializado depende en gran medida de la calidad del concepto fundamental”

PG 120. Al igual que anteriores procesos guiados por este documento, para el diseño conceptual y la generación de conceptos, nos facilita una guía o pasos sugeridos los cuales recomienda son los mejores para llevar a cabo este proceso de manera correcta. Esos pasos buscan resolver preguntas y problemas presentados a la hora de la definición de cada uno de los conceptos, y cada una de estas preguntas o problemas tiene diferentes etapas o sub problemas que también deben ser resueltos con el diseño conceptual de la máquina. Estos pasos y sus respectivas etapas son:

1. Aclarar el problema.
  - a. Entenderlo.
  - b. Descomposición del problema.
  - c. Enfocarse en sub problemas críticos.
2. Buscar externamente.
  - a. Usuarios líderes.
  - b. Expertos.
  - c. Patentes.
  - d. Literatura.
  - e. Benchmarking.
3. Buscar internamente.
  - a. Individual.
  - b. En grupo.
4. Explorar sistemáticamente.
  - a. Árbol de clasificación.
  - b. Tabla de combinación.
5. Reflexionar sobre las soluciones y el proceso.
  - a. Retroalimentación constructiva.

Definidos los pasos y sus respectivas etapas, se aspira desarrollar este método de la mejor manera para el diseño de la máquina para desinfección de billetes, para esto es preciso seguir las recomendaciones del texto. [22]

#### **2.4.1 Aclarar el problema**

El primer paso del método de generación de conceptos, es aclarar el problema, para esto es necesario dar claridad al reto principal que desea suplir o solucionar el diseño, lo cual sería en nuestro caso “diseñar una máquina que tenga la capacidad de desinfectar billetes”, a esto se le fueron sumando varios estudios o aportes que le dan forma y distinción al proyecto, por

ejemplo, determinar el método de desinfección y el método de transporte del efectivo, entre otras cosas que le dan estructura a la solución del problema presentado. Partiendo de esa forma y esa distinción que le dan los estudios y análisis al proyecto, se identifican de la manera puntual los requerimientos y necesidades del cliente, esto aporta a medir la aceptación y el posible desempeño de la máquina en el potencial mercado competitivo.

2.4.1.a Entenderlo. Con estos factores definidos, y las investigaciones hechas previamente se pueden definir varias especificaciones de ingeniería que serían entonces las que le van a dar la solución más óptima al problema y por lo tanto serán la parte fundamental del diseño de la máquina. Entre otras, las especificaciones de ingeniería primordiales son:

- Cantidad de billetes desinfectados por unidad de tiempo (#/t).
- Porcentaje de desinfección (%).
- Formatos de recepción de la bandeja de entrada de papel (mm x mm).
- Dosis (mJ/Cm<sup>2</sup>).
- Potencia nominal (W).
- Voltaje de alimentación (V).
- Intervalos de mantenimiento (Horas).
- Corriente Nominal (A).
- Un solo pasó de desinfección (por ambas caras).

Para cada una de estas especificaciones de ingeniería se realiza una solución teórica para el funcionamiento de la máquina.

- Se garantiza un proceso de desinfección completo de una unidad de billete en un tiempo de 7 segundos.
- Teóricamente se garantiza un porcentaje de desinfección superior al 98% esto lo garantizamos por medio del método de desinfección plateado y los estudios realizados sobre el mismo con anterioridad por diferentes entidades e instituciones.
- Se espera que al finalizar el proceso de diseño detallado se obtenga para las bandeja de entrada y salida funcionalidad para las divisas más usadas en el mundo.
- Se espera que la selección del sistema de desinfección por UV-C garantice una dosis con una longitud de onda de 253,7 nm o menor y una dosis de 1,8 mJ/ cm<sup>2</sup> o mayor.
- En principio se espera una potencia nominal para el sistema de desinfección de 10W.
- Se piensa que la máquina puede realizar su funcionamiento de manera Bi-Voltaica, garantizando su funcionamiento en 110v y 220v.

- Se elaborará un manual de mantenimiento especificando cada uno de los intervalos de mantenimiento.
- La estructura pensada para la máquina garantiza la desinfección del papel moneda en un solo paso por ambas caras.

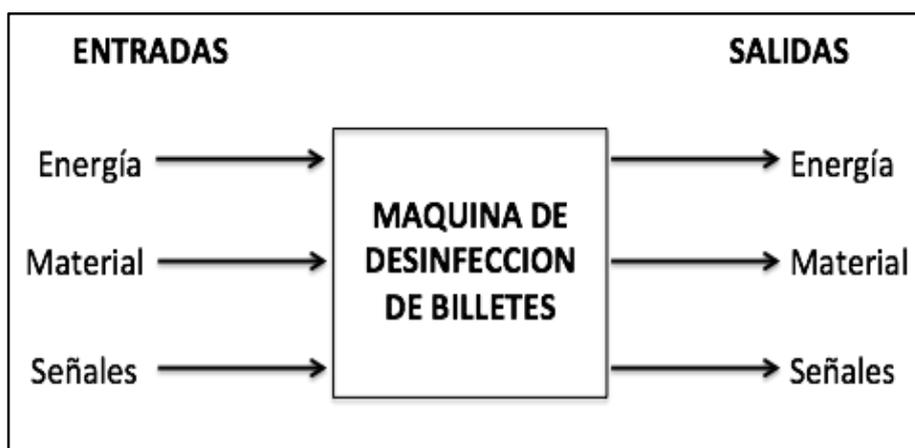
2.4.1.b Descomposición del problema. Identificado y entendido el problema, con base a las especificaciones de ingeniería se pasa a la descomposición del problema, eso se realiza con el objetivo de crear sub problemas dentro de un problema general o global, con el fin de obtener varios problemas que tengan cada uno una solución independiente, para Ulrich en el documento de Diseño y desarrollo de productos [22], es indispensable hacer la descomposición de los problemas teniendo como base los problemas de diseño, es decir, descomponer el problema general según los sistemas o sub funciones de la máquina.

Con base en esto se representa la división de sistemas interpretado por medio de un diagrama de *caja negra*, este diagrama funcional trabaja principalmente sobre los ámbitos de energía, materiales y señales.

Tomando como punto de partida la figura 15, y utilizando las especificaciones de ingeniería, se puede proceder a establecer los tres grupos o problemas principales que contiene nuestra maquina (energía, material y señales), ilustrados en el siguiente diagrama de caja negra aterrizado al documento actual.

**Figura 15.**

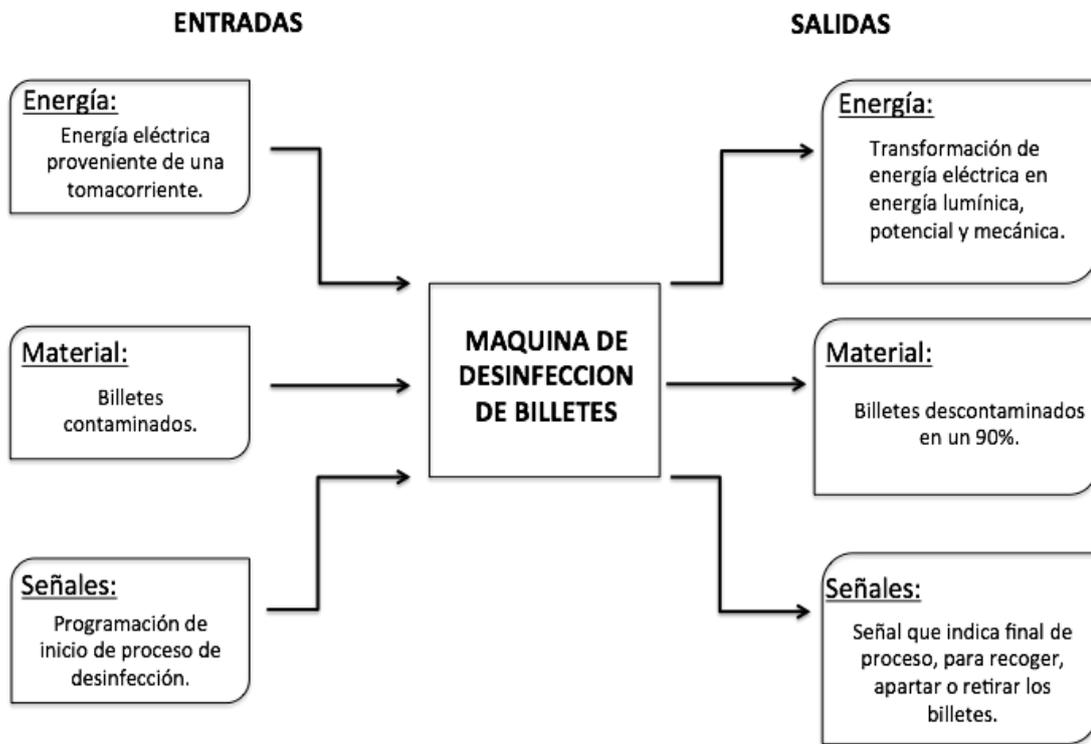
*Diagrama de caja negra*



*Nota.* En esta figura se ilustra el diagrama de caja negra de la máquina de desinfección Tomado y adaptado de: K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, Diseño y Desarrollo de Productos, Mexico: Mc Graw Hill Education, 2013.

**Figura 16.**

*Diagrama de caja negra para una máquina de desinfección de billetes*



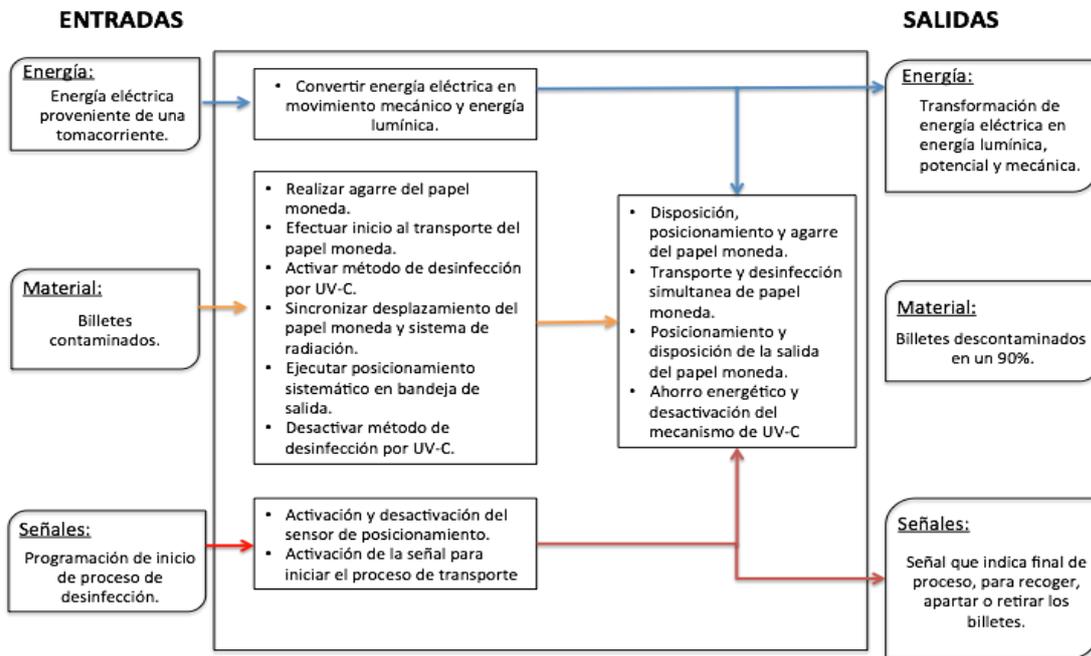
*Nota.* Este diagrama explica la transformación de las entradas y las salidas

2.4.1.c Enfocar el problema en sub problemas críticos. El diagrama de caja negra que se propuso anteriormente, apoya y sirve de base para la distinción y la separación de los sub problemas que comprende el problema global del diseño de una máquina de desinfección de billetes. Con ayuda de los problemas globales se identificaron los sub problemas críticos de la máquina, entre los cuales se encuentran.

- Activación sensorial del posicionamiento del papel moneda.
- Activación del sistema de control para inicio del proceso.
- Agarre seguro del papel moneda en la bandeja de entrada.
- Inicio de transporte por unidad de papel moneda.
- Encendido de sistema de radiación UV-C.
- Desplazamiento sincronizado con tiempo y dosis de radiación.
- Finalización de trayectoria del sistema de radiación.
- Posicionamiento sistemático de papel moneda en la bandeja de salida.
- Desactivación del sistema de radiación UV.
- Activación sensorial de “final de proceso”.

**Figura 17.**

*Representación de la descomposición de sub problemas de una máquina de desinfección de billetes por UV-C.*



**Nota.** Este diagrama descompone las variables en sub problemas con el objetivo de dar mejor desarrollo a la caja negra.

Para la identificación de estos sub problemas se partió del condicionamiento del objetivo general del proyecto que se limita al diseño del producto. Por esta razón los sub problemas presentados se encaminan a los sistemas netamente internos de la máquina.

En la figura 16, se ilustraron los sub problemas en la forma expandida del diagrama de caja negra, de tal manera que se facilite el proceso de creación de conceptos, estos sub problemas serán posteriormente un objetivo de análisis individual para concertar las posibles soluciones de los mismos.

### 2.4.2 Búsqueda externa

El siguiente paso para la generación de conceptos y estructuración del diseño conceptual es la búsqueda externa, lo que en resumidas palabras se trata de la búsqueda y captación de información, estudios, proyectos o algún tipo de documento que le dé o le haya dado solución en algún aspecto al problema que se planteó en el proyecto presentado.

Para esto se deben asociar y tener en cuenta varios componentes que le dan validez al proceso, entre los cuales se encuentran, la caracterización de los potenciales usuarios líderes, expertos

en el campo, patentes existentes del tema o sus similitudes, literatura y por último un proceso de benchmarking.

En primer lugar, se hace un estudio completo del componente de la luz ultravioleta como desinfectante y sus exponentes más reconocidos y funcionales al día de hoy.

La función internacionalmente más reconocida de la luz UV como desinfectante, es precisamente la aplicación de este sistema para la desinfección y esterilización de espacios, tales como, hospitales, escuelas, todo tipo de habitaciones inclusive en algunos países asiáticos como china se utiliza para la desinfección en los buses y ascensores, estas aplicaciones hacen que el mercado sea lo bastante amplio y reconocido en algunos aspectos como uno de los más eficientes, por esta razón, se hizo un cuadro comparativo de las descripciones y especificaciones con los sistemas o más conocidos y usados en el sector.

Como parte del proceso de la búsqueda externa se pretendía en un inicio hacer una búsqueda nacional con las mismas características anteriormente presentadas (las cuales fueron a nivel internacional), esta búsqueda a nivel nacional no fue fructífera debido a que, la gran parte de los elementos o máquinas usados en la desinfección de espacios por medio de la luz UV-C en Colombia son importados, esto quiere decir que la caracterización de dichos elementos y por ende del mercado colombiano sería la misma que hemos establecido anteriormente, aunque exista un cambio al uso práctico de estos elementos, técnicamente los componentes internos del mecanismo y factores puntuales de nuestra evaluación y comparación son los mismos.

Seguidamente se realiza una búsqueda y comparación externa de los métodos de desinfección de papel moneda que se han estudiado y documentado hasta el momento, estos se realizan de manera general sin importar el método que se utilizó ni tampoco la geometría general del diseño, para poder estipular una mejor.

“Limpieza con fluidos supercríticos de billetes y documentos de seguridad”, en la patente se estipula un mecanismo de limpieza y esterilización de papel moneda y documentos de seguridad utilizando los fluidos supercríticos, el documento se centra en la utilización de estos sistemas de manera que asegure la permanencia y la protección de los documentos de seguridad y sus diferentes datos visuales, características de seguridad entre otras cosas, esto lo realiza el mecanismo mediante los fluidos supercríticos a una temperatura de alrededor de 25°C a 60°C una presión superior a los 2000 Psi y una duración mínima de 30 min y máxima de 12 horas.

[1]

**Tabla 14.***Comparación de lámparas UV-C para desinfección de espacios*

MODELO	EMPRESA	IRRADIACION ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	FRECUENCIA DE ONDA (nm)	TIEMPO DE ACCION (min)
UC UV10	GK UVC	110	254	30-60
FL-UV ROB 1100	AUTOTEC	200	253,7	15-40
T8 UVC	LEBOOM	134	254	30-60
TMS030 2xTUV T8 36W HFP R	PHILIPS	122	253,7	1-10

**Nota.** Esta tabla hace la comparación de 4 lámparas UV-C diferentes para desinfectar espacios.

“Máquina de transacción de efectivo y método con desinfección de dinero”, en la patente se establece una máquina que realiza transacciones de efectivo sea de recibir o de dispensar dinero, a eso se le suma un método de desinfección del efectivo por medio de una combinación de varios sistemas, entre los cuales están un sistema de radiación UV con lámparas, un sistema de calentamiento con ayuda de los rodillos y un calentador del sistema y por último una aplicación de agentes desinfectantes líquidos por medio de un sistema de rocío. [26]

Para la finalización del proceso de búsqueda externa se reitera de manera general el proceso de Benchmarking utilizado anteriormente en el documento para las especificaciones del cliente, esta vez se utiliza como parte del proceso de comparación y cuantificación competitiva de la máquina propuesta en el posible sector, este proceso analítico se llevó a cabo resumiendo el mercado de la desinfección de papel moneda, con el fin de cerrar la posible población objeto (el cual puede ser nacional e internacional), con base en esto y usando como base las patentes se pueden concluir el benchmarking de la siguiente manera:

- A primera vista se puede observar que el componente del avance tecnológico que se propone en la máquina actual, tiene mayor participación que en los descritos en las patentes citadas.
- Una ventaja de la máquina planteada, es el proceso de desinfección efectivo en un solo paso, lo que quiere decir que se garantiza el procedimiento de desinfección por ambas caras del papel moneda en un solo recorrido por el sistema de radiación UV-C, esto se traduce en rapidez y efectividad del proceso.

### 2.4.3 Exploración sistemática

Dicho lo anterior se procede a realizar una tabla de exposición de cada sistema y sus posibles soluciones.

**Tabla 15.**

*Propuesta de solución para cada subsistema*

<b>SISTEMA</b>	<b>PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>FIGURA</b>
Programación de inicio de proceso de desinfección	Inicio manual	Figura 18
	Semiautomático	Figura 19
	Automático	Figura 20
Sistema de entrada de papel moneda	Manual Uno a uno	Figura 21
	Bandeja de papel	Figura 22
	Bandeja tipo cajón	Figura 23
Sistema de agarre	Rodillo angular	Figura 24
	Rodillos paralelos	Figura 25
	Rodillo ajustable	Figura 26
Sistema de transporte.	Pantalla de acrílico continua con rodillos de entrada y salida	Figura 27
	Pantalla de acrílico continua con rodillo de arrastre	Figura 28
	Pantalla de acrílico dividida	Figura 29
	dos niveles de Rodillos	Figura 30
	Más de dos niveles de rodillos con mayor exposición de lámparas	Figura 31
Ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C	3 lámparas vertical recorrido zigzag	Figura 32
	2 lámparas vertical recorrido horizontal	Figura 33
	Más de dos lámparas verticales con recorrido horizontal	Figura 34
Sistema de salida de papel moneda	Bandeja de salida	Figura 35
	Compuerta tipo cajero	Figura 36
	Dispensadores de papel	Figura 37

**Nota.** En la tabla se ilustran todas las propuestas de diseño para cada uno de los subsistemas de la maquina

### 2.4.4 Búsqueda interna

La siguiente etapa de diseño conceptual que se establece en [22] es la búsqueda interna, Ulrich la define como una “lluvia de ideas” donde el objetivo final es el proceso de la creación de conceptos de solución, teniendo como punto de referencia los problemas y sub problemas estipulados en el diagrama de caja negra, establecido anteriormente en la etapa de *Aclarar el problema*, estos conceptos tienen como objetivo darle solución a cada uno de los sub problemas o mecanismos que comprenden la máquina, y gracias a esto se le puede dar solución a los problemas generales de la máquina, obteniendo el diseño conceptual más apropiado para la aplicación del diseño a detalle.

De igual manera la “lluvia de ideas”, pretende dar diferentes conceptos de solución a cada sub problema, con el fin de realizar una comparación evaluativa que expone cada una de las propuestas, sus respectivas ventajas y desventajas y concluye la mejor solución y el mejor diseño del sistema.

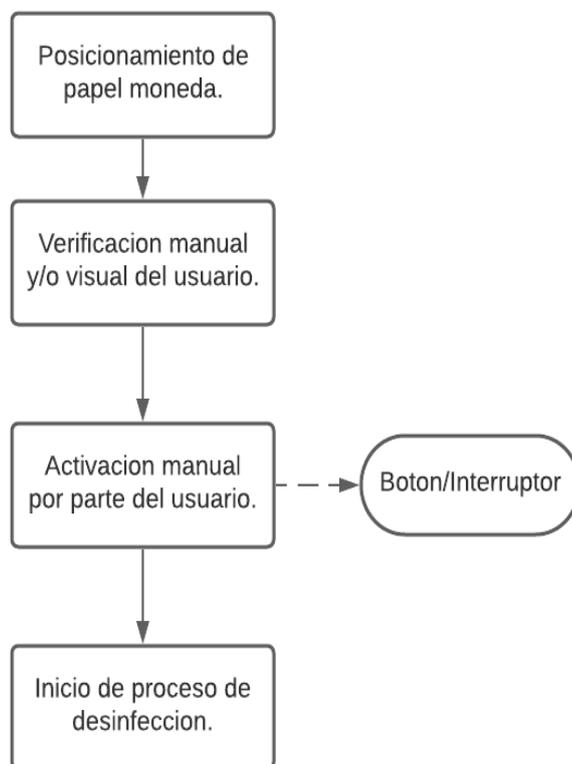
Según Ulrich, para llevar a cabo una mejor búsqueda interna es clave tener en cuenta las siguientes directrices:

- Suspende Juicio.
- Generar muchas ideas.
- Dar la bienvenida a ideas que parecen no factibles.
- Usar medios gráficos y físicos.

2.4.4.a Sistema de programación de inicio de proceso de desinfección. El sistema de programación de inicio de proceso de desinfección, es el encargado de dar las señales para iniciar el proceso de todo el mecanismo sea por un interruptor manual, por sensores automáticos o por un sistema de composición mixta.

**Figura 18.**

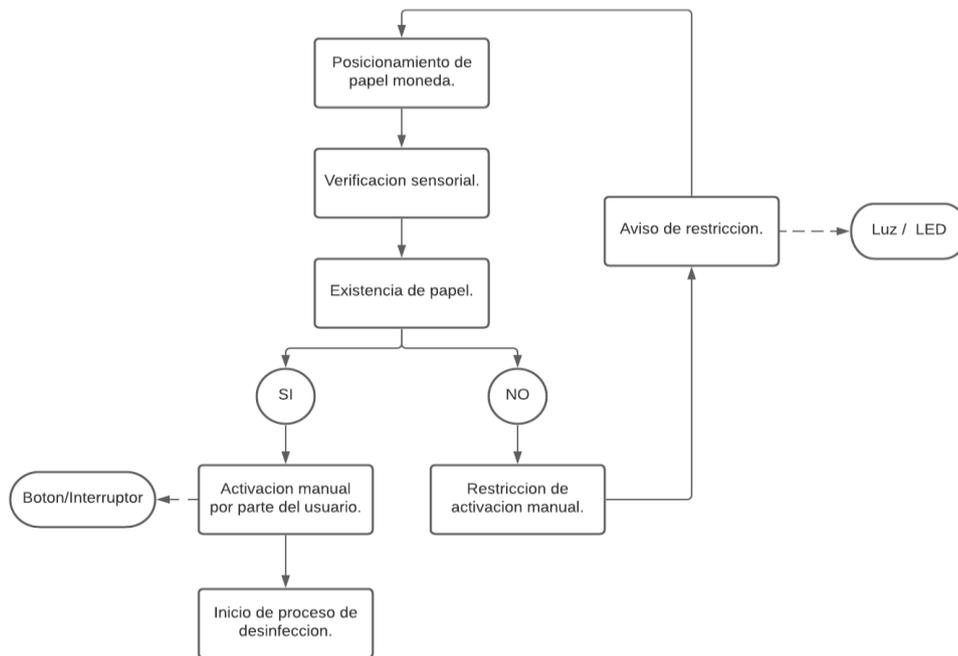
*Inicio Manual*



**Nota.** Esta figura muestra el diagrama de flujo de la función de inicio manual

**Figura 19.**

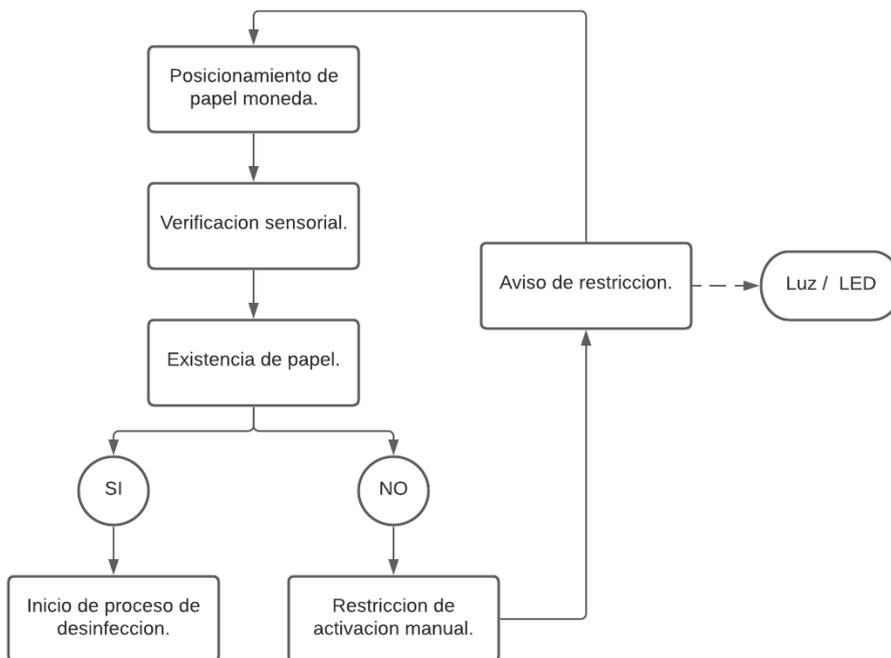
*Inicio Semiautomático*



**Nota.** Esta figura muestra el diagrama de flujo de la función de inicio semiautomático.

**Figura 20.**

*Inicio Automático*

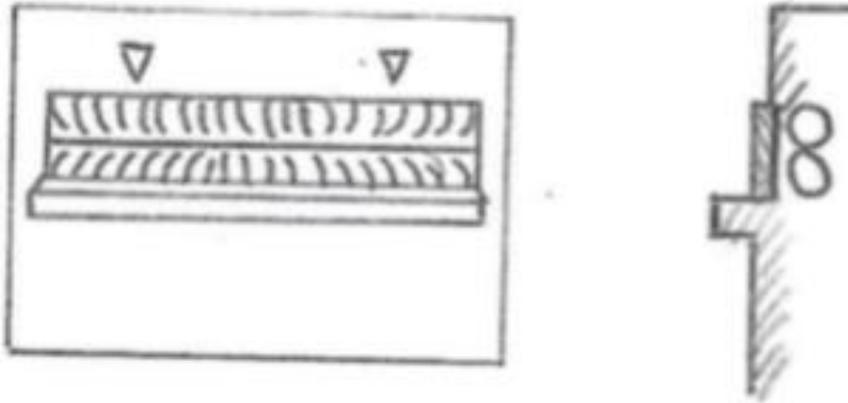


**Nota.** Esta figura muestra el diagrama de flujo de la función de inicio automático.

a. Sistema de entrada de papel moneda

**Figura 21.**

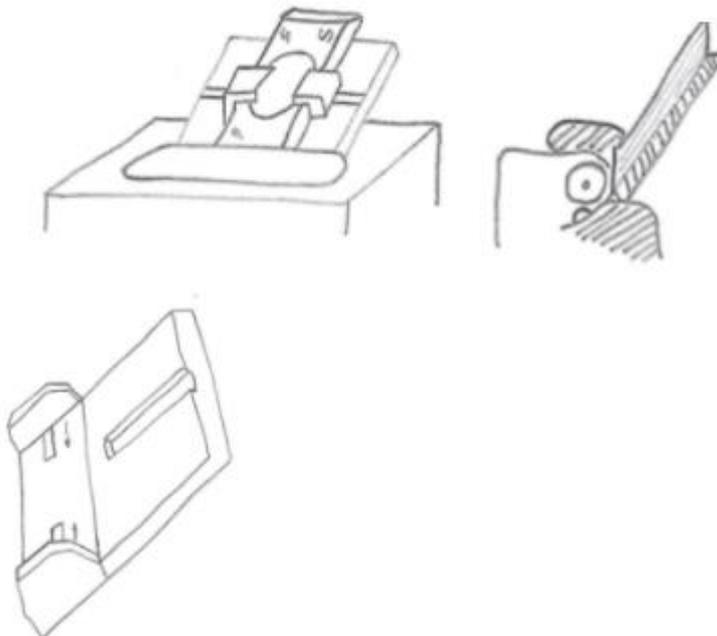
*Manual uno a uno*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de entrada de papel manual uno a uno (Billete por billete)

**Figura 22.**

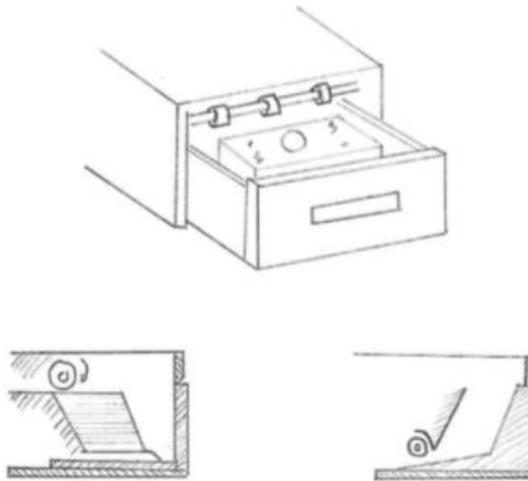
*Bandeja de papel*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de entrada de papel en forma de bandeja.

**Figura 23.**

*Bandeja tipo cajón*



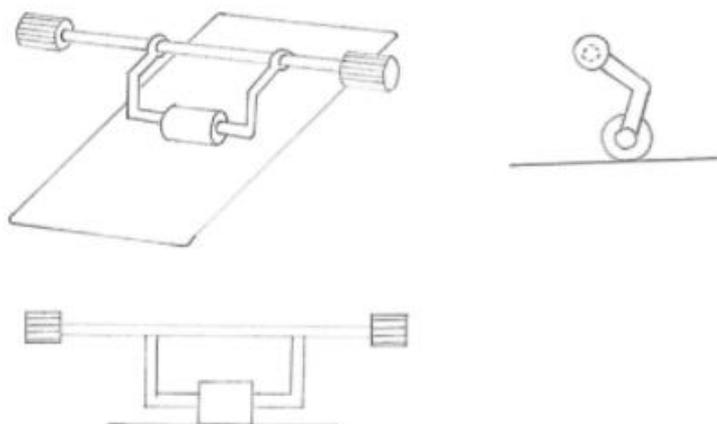
*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de entrada de papel en forma de cajón o bandeja de cajón.

#### 2.4.4.b Sistema de agarre

El sistema de agarre es el encargado de afianzar el papel moneda dentro o durante el sistema de entrada del mismo, este sistema asegura la entrada sistemática y ordenada del dinero al sistema de transporte del mecanismo.

**Figura 24.**

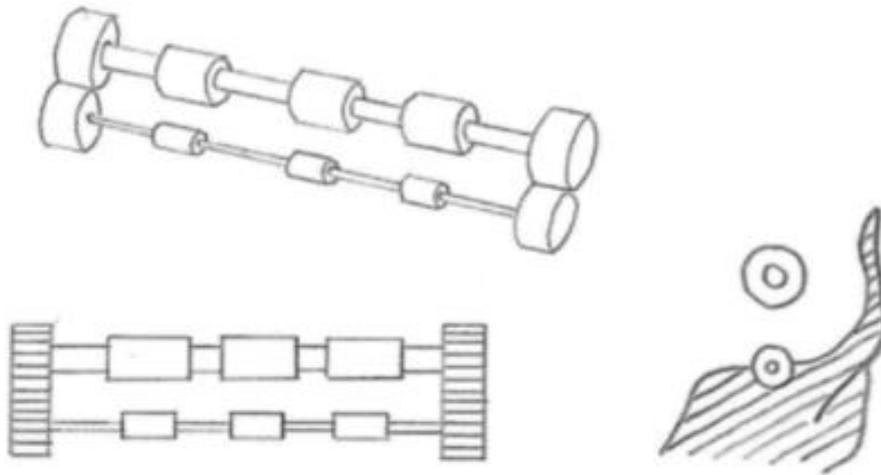
*Rodillo Angular*



*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de agarre de papel con rodillos angulares.

**Figura 25.**

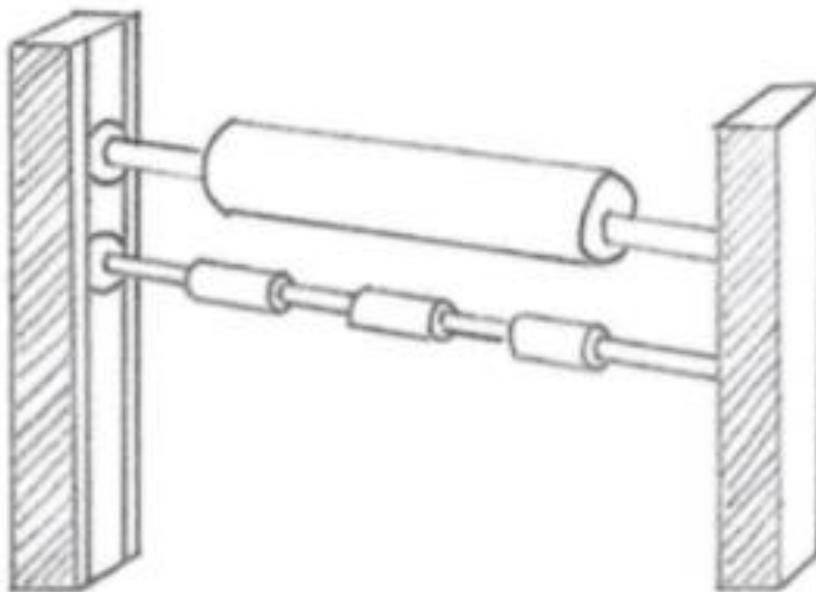
*Rodillos paralelos*



*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de agarre de papel con rodillos paralelos.

**Figura 26.**

*Rodillos Ajustables*

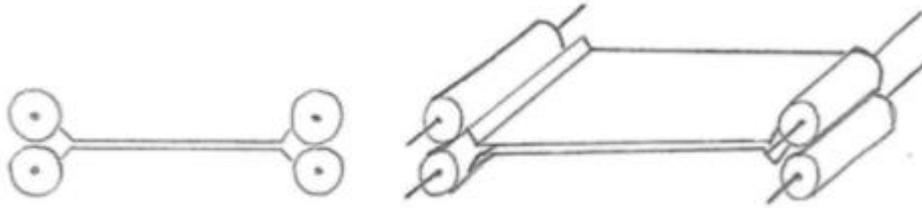


*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de agarre de papel con rodillos ajustables.

#### 2.4.4.c Sistema de transporte

**Figura 27.**

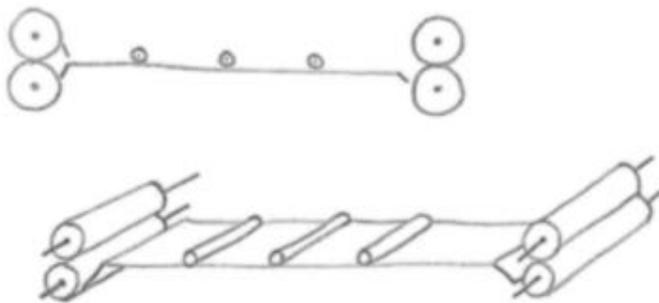
*Pantalla de acrílico continúa con rodillos de entrada y salida.*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con rodillos de entrada y salida.

**Figura 28.**

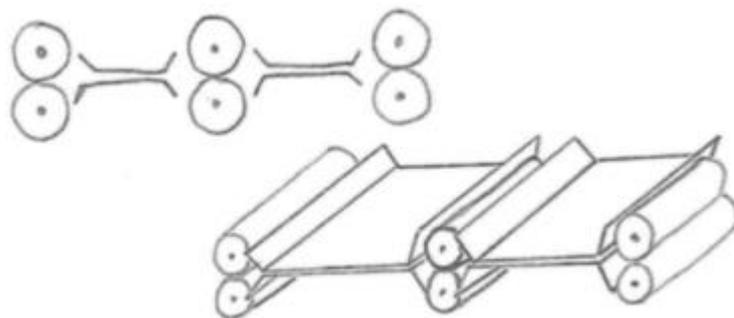
*Pantalla de acrílico continúa con rodillos de arrastre.*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con rodillos de arrastre

**Figura 29.**

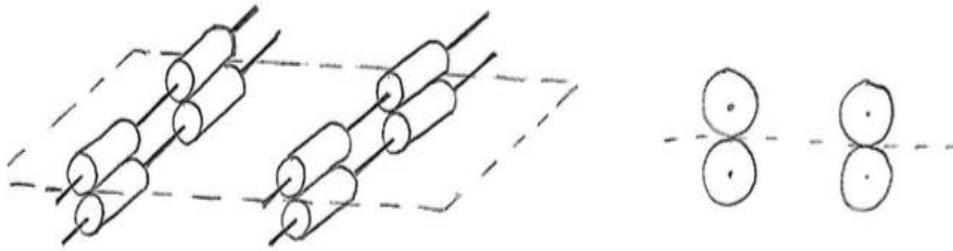
*Pantalla de acrílico dividida*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con pantalla de acrílico dividida.

**Figura 30.**

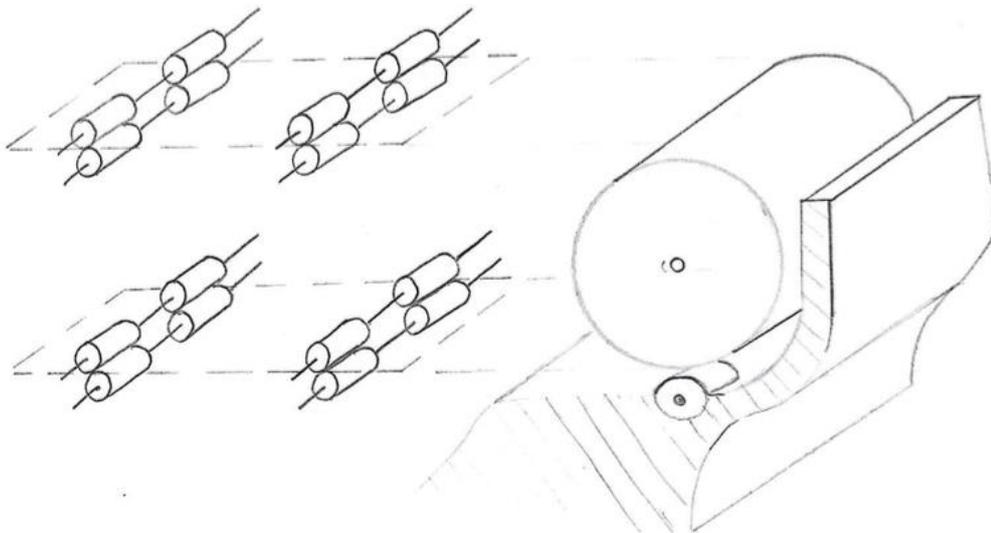
*Dos niveles de rodillos*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con dos niveles de rodillos.

**Figura 31.**

*Más de dos niveles de rodillos con mayor exposición de lámparas UV-C*

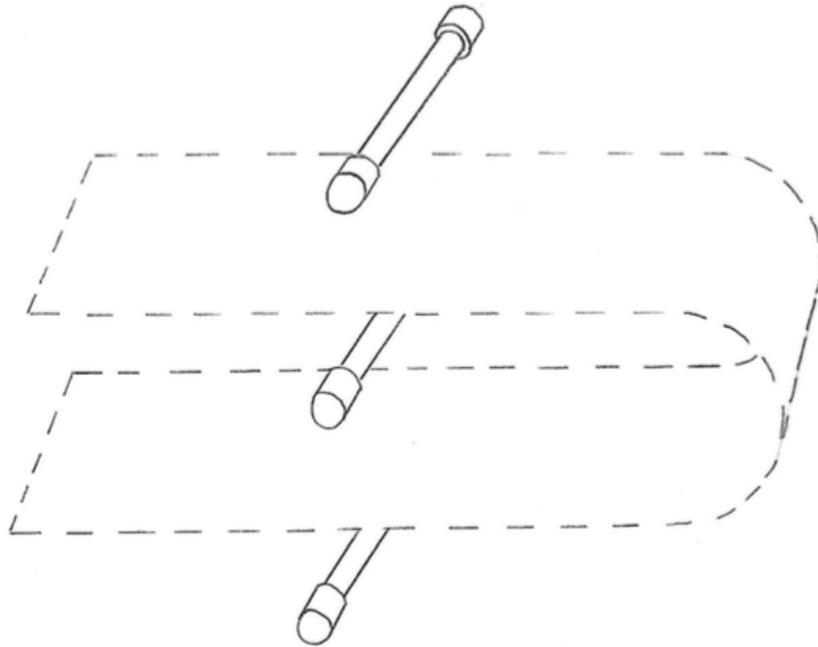


**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con Mas de dos niveles de rodillos.

2.4.4.d Ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C. El ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C, es uno de los factores que más afectan a la efectividad de la máquina, es en concreto la disposición geográfica del sistema de radiación dentro de la máquina, por ende, es el sistema que garantiza la configuración que se le da a la lámpara en cuanto a dosis y exposición según el espacio y la cobertura de la misma.

**Figura 32.**

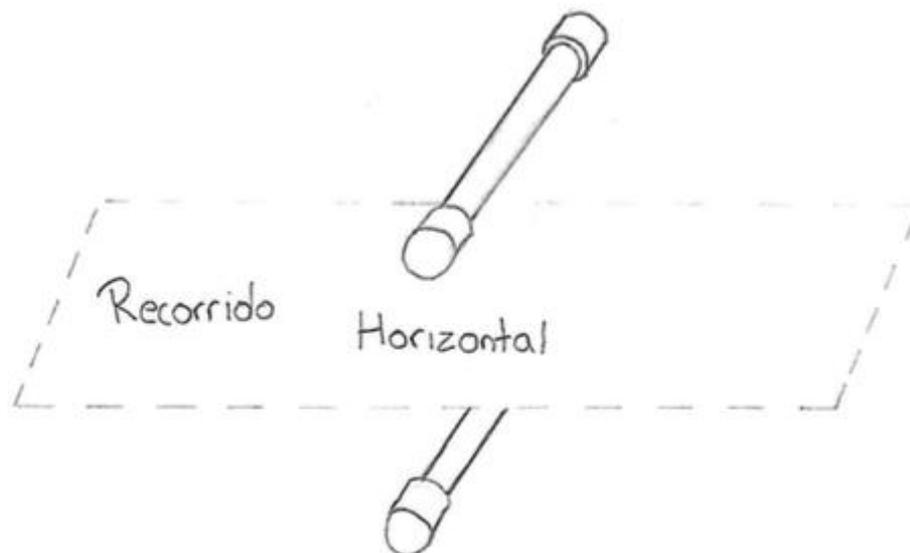
*3 lámparas alineadas verticalmente recorrido U.*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con 3 lámparas verticales.

**Figura 33.**

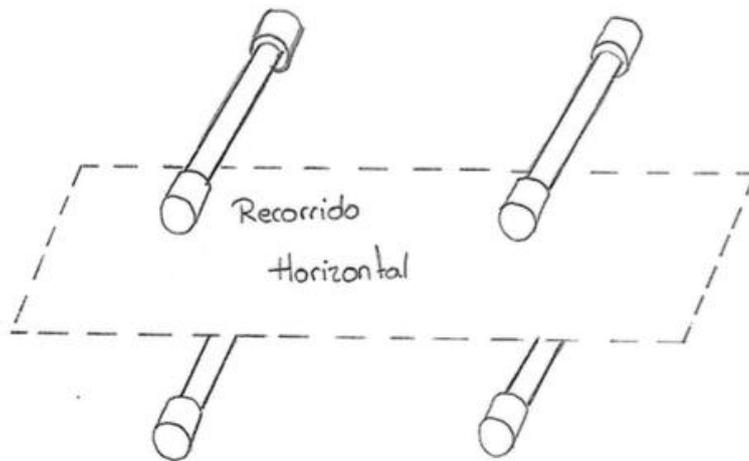
*2 lámparas alineadas verticalmente recorrido Horizontal*



**Nota.** Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con 2 lámparas verticales.

**Figura 34.**

*Más de 2 lámparas verticales recorrido Horizontal*

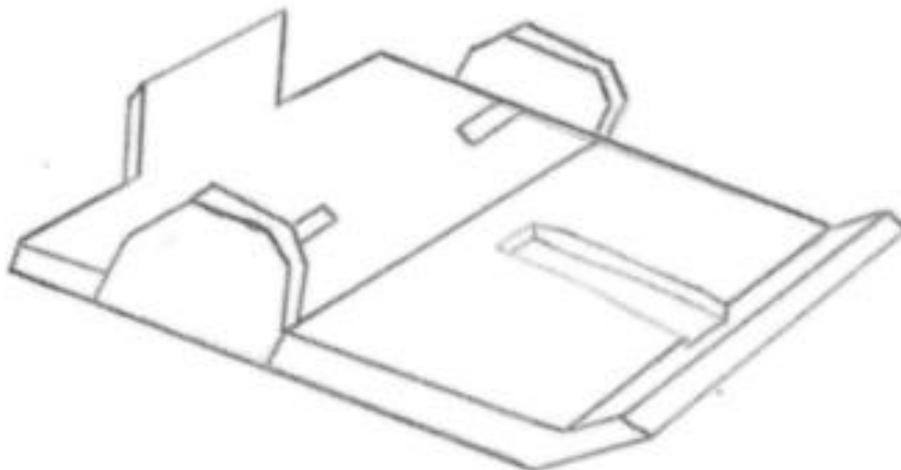


*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de transporte de papel con más de 2 lámparas verticales.

#### 2.4.4.e Sistema de salida de papel moneda

**Figura 35.**

*Bandeja de salida*



*Nota.* Esta figura muestra la ilustración del sistema de salida de papel en forma de bandeja.

## 2.5 Selección de concepto

Para la selección del concepto es necesario llevar a cabo unos parámetros y lineamientos los cuales deberán ser los que le dan validez al sistema y subsistemas que serán apropiados en el diseño conceptual y diseño a detalle, en principio la selección de conceptos es en sí la evaluación o comparación de cada una de las opciones o posibles soluciones con respecto a unas características.

Para Ulrich [22], el proceso de selección de concepto tiene en concreto dos fases importantes la primera que es la fase de filtrado de concepto y la segunda la fase de evaluación de conceptos. Las dos fases tienen un lugar importante dentro de la creación y selección de concepto, no obstante, estas dos fases dependen directamente del tipo y cantidad de sub problemas y posibles soluciones a los mismos, siendo así que las dos fases pueden ser unificadas en una sola en donde se hace el proceso completo.

Aterrizando esta idea al desarrollo del actual proyecto se busca entonces hacer el proceso de selección de concepto unificando estas dos fases, dicha unificación se va a hacer por medio del filtrado del concepto el cual, tiene una forma de proceder por medio de pasos establecidos. [22]

- Elaborar la matriz de selección.
- Evaluar los conceptos.
- Ordenar los conceptos.
- Combinar y mejorar los conceptos.
- Seleccionar un concepto.
- Reflexionar sobre los resultados y el proceso.

Teniendo esto en cuenta y con la finalidad de culminar el proceso de selección de conceptos se elaboran tablas comparativas, donde el principio parte de confrontar las diferentes propuestas de solución con respecto a unos criterios definidos, dichos criterios dependen directamente de cada sub problema no obstante se evalúan según el funcionamiento y el acoplamiento de los subsistemas con el fin de evaluar su funcionalidad en la máquina en general y darle solución a las especificaciones del cliente y de ingeniería que se presentaron con anterioridad.

Como parte de la comparativa es necesario tener un sistema de control y evaluación que ayude a la selección anteriormente mencionada, dicho sistema se establece con una calificación cuantitativa y su representación o definición cualitativa. Para efectos del proyecto actual se

estipula esta evaluación con una escala sencilla de tres niveles los cuales se ilustran en la siguiente tabla:

**Tabla 16.**

*Sistema de evaluación*

CALIFICACION	REPRESENTACION
1	NADA FUNCIONAL
2	POCO FUNCIONAL
3	FUNCIONAL

*Nota.* Esta tabla representa el indicador de evaluación cuantitativa que se realizara a cada uno de los conceptos.

Esta calificación se realiza a cada una de las posibles soluciones de un mismo subsistema, al finalizar la calificación de cada uno de los criterios, se realiza la suma de cada propuesta y se concluye la más óptima y funcional del respectivo subsistema.

Este proceso y sus diferentes matrices se muestran a continuación:

**Tabla 17.**

*Evaluación inicio de proceso de desinfección*

PROGRAMACIÓN DE INICIO DE PROCESO DE DESINFECCIÓN			
CRITERIOS	INICIO MANUAL	INICIO SEMIAUTOMATICO	INICIO AUTOMATICO
Fácil uso	2	3	3
Controlable	3	3	1
Mínimo número de procesos	1	2	3
Optimización de trabajo	1	3	3
Costo de operación	2	2	1
Costo de fabricación	2	3	2
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>13</b>

*Nota.* Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para la programación de inicio del proceso de desinfección.

**Tabla 18.***Evaluación Sistema de entrada de papel moneda*

<b>SISTEMA DE ENTRADA DE PAPEL MONEDA.</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>MANUAL UNO A UNO</b>	<b>BANDEJA DE PAPEL</b>	<b>BANDEJA TIPO CAJON</b>
Asegurar paso individual	3	3	2
Omitir la presencia permanente del usuario	1	3	3
Evitar deterioro del papel moneda	2	2	3
Ubicación y funcionamiento ergonómico.	1	3	3
Costo de operación	3	2	2
costo de fabricación	2	2	1
<b>CALIFICACION FINAL</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

*Nota.* Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para la programación de inicio del proceso de desinfección.

**Tabla 19.***Evaluación Sistema de agarre*

<b>SISTEMA DE AGARRE</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>RODILLO ANGULAR</b>	<b>RODILLOS PARALELOS</b>	<b>RODILLO AJUSTABLE</b>
Asegurar agarre individual.	2	3	3
Evitar la presencia del usuario.	3	3	3
Compatibilidad con sistema de entrada del papel y sistema de transporte.	1	2	3
Costo de operación.	2	3	2
Costo de fabricación.	2	2	3
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

*Nota.* Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para el sistema de agarre de papel.

**Tabla 20.**

*Evaluación Sistema de transporte*

<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b>					
<b>CRITERIOS</b>	<b>PANTALLA DE ACRÍLICO CONTINUA CON RODILLOS DE ENTRADA Y SALIDA.</b>	<b>PANTALLA DE ACRÍLICO CONTINUA CON RODILLO DE ARRASTRE.</b>	<b>PANTALLA DE ACRÍLICO DIVIDIDA</b>	<b>DOS NIVELES DE RODILLOS</b>	<b>MAS DE DOS NIVELES DE RODILLOS CON MÁS EXPOSICIÓN</b>
Garantizar el mayor número de billetes por unidad de tiempo.	1	2	3	2	3
Movimiento óptimo.	1	3	3	2	3
Evitar atascos	2	1	2	3	1
Aprovechamiento del área de radiación UV-C	2	3	3	2	3
Costo de operación	3	3	2	2	2
Costo de fabricación	3	2	2	3	2
<b>CALIFICACION FINAL</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

*Nota.* Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para el sistema de transporte de papel.

**Tabla 21.***Evaluación Ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C*

<b>AJUSTE Y UBICACIÓN DEL SISTEMA DE RADIACIÓN UV-C</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>3 LAMPARAS VERTICAL RECORRIDO EN ZIC ZAC</b>	<b>2 LAMPARAS VERTICAL RECORRIDO HORIZONTAL</b>	<b>MÁS DE DOS LÁMPARAS VERTICALES RECORRIDO HORIZONTAL</b>
Optimización del espacio.	1	3	3
Garantizar tiempo de exposición a UV-C	3	2	2
Compatibilidad con sistema de transporte	1	3	3
Ahorro de energía.	2	3	1
Costo de operación.	2	3	2
Costo de fabricación.	1	2	3
<b>CALIFICACION FINAL</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>14</b>

*Nota.* Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para la ubicación del sistema UV-C

**Tabla 22.***Evaluación sistema de salida de papel*

<b>SISTEMA DE SALIDA DE PAPEL MONEDA.</b>			
<b>CRITERIOS</b>	<b>BANDEJA DE SALIDA</b>	<b>COMPUERTA TIPO CAJERO</b>	<b>DISPENSADORES DE PAPEL</b>
Posicionamiento sistemático	3	2	1
omitir la presencia permanente del usuario	3	2	1
Compatibilidad con el sistema de transporte.	3	3	3
Expulsión o salida del papel moneda de manera segura.	2	1	2
Ubicación y funcionamiento ergonómico.	3	3	2
Costo de operación	2	1	2
Costo de fabricación	2	3	3
<b>CALIFICACION FINAL</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

**Nota.** Esta tabla evalúa y cuantifica la mejor alternativa para el sistema de salida de papel

Finalizado el proceso de calificación y comparación de criterios, se realiza la síntesis y conclusión del sistema de selección de métodos, en dicha conclusión debe incluirse las soluciones seleccionadas. Esta conclusión y síntesis se efectúa de manera concisa y lo más clara posible por medio de la siguiente tabla explicativa:

**Tabla 23.**

*Selección de alternativas*

<b>SISTEMA</b>	<b>PROPUESTA ESCOGIDA</b>
Programación de inicio de proceso de desinfección.	Inicio semiautomático.
Sistema de entrada de papel moneda.	Bandeja de papel.
Sistema de agarre.	Rodillo ajustable.
Sistema de transporte.	Pantalla de acrílico dividida.
Ajuste y ubicación del sistema de radiación UV-C	2 lámparas verticales, recorrido horizontal.
Sistema de salida del papel moneda.	Bandeja de salida.

**Nota.** Esta tabla se establece la mejor alternativa de diseño seleccionada para cada subsistema

### **3. DISEÑO DE DETALLE**

El diseño a detalle de una máquina de desinfección de billetes, tiene en la actualidad un gran peso en el cuidado y protección de la salud social e individual, es necesario recalcar que, como bien se ha venido manifestando en algunos fragmentos del documento, el propósito de la máquina es darle solución y aportar a una problemática mundial que se vive en la actualidad, sin embargo, se busca que la máquina en cuestión tenga un factor de avance tecnológico y permanencia tanto en el mercado competitivo como en su efectividad y forma física (deterioro, fallos mecánicos, etc.).

Para cumplir con lo anteriormente mencionado en el diseño a detalle se pretenden utilizar las propiedades desinfectantes de la luz ultravioleta de tipo C, la cual es una de las técnicas de avance tecnológico que han tomado más fuerza en la actualidad como agente o método desinfectante, esto en combinación de los sistemas de agarre y transporte encontrados en una impresora o en una máquina dispensadora, diseñados y adaptados haciendo estos sistemas funcionales en la máquina de desinfección, de tal forma que suplan las necesidades de la misma. A esto se le suma la estructura en conjunto de la bandeja de entrada y de salida que se van a diseñar a medida y teniendo en cuenta la ergonomía y funcionalidad de la máquina, por último, un sistema de control que cumpla con el diagrama de flujo que se establece para el correcto funcionamiento de la máquina.

Teniendo como base los descrito en el anterior párrafo, se presenta en este capítulo el diseño a detalle de una máquina de desinfección de billetes, donde se especifica detalladamente cada uno de los componentes y funcionalidades de los sistemas y subsistemas, haciendo también una normalización de los mismos a partir de las restricciones de tamaño, movilidad, transmisión, entre otras. A continuación se hace una selección y una caracterización de sus correspondientes particularidades, con el fin de poder integrar dichos componentes en los sistemas y especificar su funcionamiento dentro de la máquina de desinfección, todo esto será desarrollado con ayuda del programa Solid Works que es el encargado de darle un aporte geométrico con el fin de acercar el diseño lo mejor posible a la realidad, junto con esto se especifican y citan en el capítulo 3 los respectivos planos y diseños de los sistemas, y el ensamble general de la máquina de desinfección.

#### **3.1 Selección de componentes normalizados**

Como primer aspecto para seguir con el diseño a detalle de la máquina de desinfección, se realiza de manera acertada el proceso de investigación y selección de los diferentes

componentes normalizados, pues es bien sabido que hoy por hoy sin importar el avance tecnológico o el diseño único y exclusivo de algún producto es necesario darles validez a sus componentes y aterrizar el producto dentro de los parámetros del mercado existente.

Este proceso en primera medida aporta un componente financiero en el diseño de los mecanismos, debido al elevado costo de los componentes hechos a medida o con especificaciones fuera de las encontradas en el mercado, además de eso aporta en la simplicidad del mantenimiento que se puede llegar a ejecutar en la máquina de desinfección.

En el caso de la máquina de desinfección se busca normalizar los componentes de transmisión de fuerza y movimiento los cuales son utilizados a lo largo de los sistemas de agarre, arrastre, transporte, entrada y salida del papel moneda, también se espera normalizar los componentes encontrados en el sistema de control, como lo son el motor y todos los componentes de electrónica y automatización que aseguran su funcionamiento, también se investigan y seleccionan las lámparas de desinfección UV-C con sus correspondientes bases y sistema eléctrico. Cada uno de los componentes normalizados será explicado cuando corresponda en el documento y con su debida justificación.

Teniendo claridad en los componentes a ser normalizados, se hace una búsqueda interna en cuanto a las necesidades de la máquina para la adaptación de dichos componentes, para esto es necesario dirigirse al diagrama de QFD y a las métricas de la máquina que se concertaron en el capítulo 2, una vez entendidas se citan y se toman como referencia principal para la normalización y selección de componentes. Para la máquina de desinfección de billetes se tomaron como relevantes los siguientes elementos que fueron normalizados y adaptados:

- 1 motor POLOLU 380:1 6V
- 2 tubos Philips TUV 11W FAM/10X25BOX
- 4 socket T8 HTR
- 2 tornillos M-1.6 x6
- 4 tornillos M-3 x6
- 18 tornillos M-3 x13
- 10 tornillos M-4 x20
- 4 tornillos M-4 x13
- 1 tornillo M-2 x10
- 8 tornillos M-2 x4
- 8 tornillos M-8 x50

Para la normalización de los tornillos empleados a lo largo del ensamble y acople de la máquina, se tuvieron en cuenta las condiciones de uso y atmosféricas a las cuales podrían estar sometidos cada uno de los tornillos, teniendo esto en cuenta se normalizaron los tornillos con hilo milimétrico, con cabeza de gota o segmentada y realizado según especificaciones ASTM en acero inoxidable 304. [27]

### **3.2 Aproximación a materiales y técnicas de fabricación**

En esta parte del proyecto es necesario establecer aspectos importantes con el fin de que la máquina cumpla con cada una de sus funciones y logre desempeñar los objetivos inicialmente propuestos en el QFD. Anteriormente se había determinado la necesidad del paso de billetes uno por uno, garantizando una desinfección completa de cada uno de ellos, este es uno de los aspectos que se logran a través de las propiedades de los materiales de fabricación de los rodillos de arrastre. También es necesario tener en cuenta las técnicas de fabricación y conocer si son apropiadas para cada uno de los materiales propuestos, además de tener en cuenta la facilidad y eficiencia de cada uno de los procesos.

Por lo tanto, se determinan los materiales que cumplan con las condiciones necesarias para cada pieza a ser fabricada, especificando en cada uno de estos el proceso de fabricación, es de saber que tanto los materiales como las técnicas de fabricación, pueden llegar a variar o ser reemplazados por otros con propiedades similares, que para efectos económicos o de facilidad puedan representar ganancia a la hora de la producción

A continuación, se listan algunos de los materiales que se consideran adecuados para la fabricación de cada una de las piezas

- AISI 302 (Ejes y rodillos auxiliares)
- Poliamida tipo 6 (Carcasa interior, pantallas)
- ABS (estructura del sistema de agarre, bandeja de entrada y salida)
- POM poli acetal (Engranajes)
- Neopreno (Rodillos de transporte)

Técnicas de fabricación

- Maquinado (Ejes, rodillos auxiliares intermedios)
- Vulcanización (Rodillos de transporte)
- Inyección (carcasa, engranajes, pantallas, Rodillos auxiliares bandeja de entrada y salida)

Teniendo como principal técnica de fabricación recomendada el proceso de inyección se hacen una serie de estudios con el fin de garantizar el éxito del proceso mismo. Como parte primordial

se estudia la posibilidad de cada uno de los materiales definidos como materia prima de la máquina para ser inyectados, una vez definida la posibilidad de ser inyectados los materiales seleccionados se procede a estudiar las condiciones de cada uno de estos para el éxito de la fabricación. Según el material y la resina del mismo es necesario cumplir con una medida de grosor para la fabricación del material, en resumen, al garantizar este grosor máximo o mínimo se garantiza que la estructura molecular del material al finalizar el proceso tenga la capacidad de conservar las características y propiedades tanto físicas como químicas del mismo.

**Tabla 24.**

*Medidas de proceso de inyección.*

Resina	Mínimo – Máximo (mm)
ABS	1.143 – 3.556
Acetal	0.762 – 3.048
Acrílico	0.635 – 3.810
Polímero de cristal líquido	0.762 – 3.048
Plásticos reforzados con fibra larga	1.905 – 25.40
Nailon	0.762 – 2.921
Policarbonato	1.016 – 3.180
Poliéster	0.635 – 3.175
Polietileno	0.762 – 5.080
Polisulfuro de fenileno	0.508 – 4.572
Polipropileno	0.635 – 3.810
Poliestireno	0.889 – 3.810
Poliuretano	2.032 – 19.05
Poliamida 6	0.845 - 4.02

**Nota.** En esta tabla se evidencian los tamaños admisibles para el proceso de inyección con sus respectivos materiales. Tomada y adaptada de: «Protolabs.es,» Manufacturing Acecelersted., [En línea]. Available: <https://www.protolabs.es/recursos/sugerencias-de-diseno/mejorar-el-diseno-de-las-piezas-mediante-el-grosor-uniforme-de-las-paredes/#:~:text=El%20grosor%20de%20las%20paredes%20de%20cualquier%20pieza%20moldeada%20por,recomendados%20para%20los%20materiales%20seleccionados> [Último acceso: 4 11 2020].

Es de aclarar que el estudio de este proyecto pretende sugerir algunos de los procesos de fabricación, los cuales pueden modificar o ajustar las piezas propuestas a cada uno de estos procesos. Por lo tanto debido a que se propone como principal proceso de manufactura la inyección de plástico se recomienda utilizar la siguiente tabla para ajustar los ángulos de extracción de molde de cada pieza.

**Tabla 25.***Angulo de extracción*

Altura del modelo	Ángulos de salida y pendientes	Altura del modelo	Ángulos de salida y pendientes
De 1 a 10 mm	3°	De 36 a 65 mm	0° 45"
De 11 a 20 mm	2°	De 66 a 150 mm	0° 30"
De 21 a 35 mm	1°	De 151 a 250 mm	1,5 mm
		De 251 a 400 mm	2,5 mm
		De 401 a 600 mm	3,5 mm
		De 601 a 800 mm	4,5 mm

**Nota.** Ángulos de salida recomendados según la geometría de la pieza. Tomado y adaptado de: «SlideShare.com» Diseño de moldes para inyección de plástico., [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/MateoLeonidez/diseo-de-moldes-para-inyeccion-de-plasticos> [Último acceso: 3 05 2021].

Como se observa en la tabla 24 subrayados con color azul se encuentran los materiales con los cuales se va a fabricar la máquina de desinfección, teniendo como base esto se realizan entonces los planos de servicio y se procede a diseñar los diferentes sistemas y mecanismos de la máquina.

Para continuar pasamos ahora a el proceso de vulcanización de los rodillos en Neopreno, este es un procedimiento en el cual se elevan las temperaturas del material crudo con presencia de azufre, se hace en un molde que es el que le va a dar la forma final del Neopreno, para efectos de este proyecto se realiza el proceso de neopreno en los moldes correspondientes que dan las formas de los ejes principales y auxiliares de transporte para luego ser acoplados en ellos. [28]

Para realizar el ensamble de los engranajes a los ejes de transmisión, se pretende la inserción del engranaje a presión, pero, además, acompañado de un pegamento que evite el deslizamiento del mismo en el eje. Para esto se recomienda el uso de Loctite 648 como pegante adhesivo, ya que este es un compuesto normalmente utilizado para la sujeción de engranajes y ruedas dentadas a ejes de transmisión. [29]

Para la fabricación de la cámara de desinfección se selecciona como material la poliamida. Este es un material altamente resistente a la radiación ultravioleta. Además de ser utilizado en

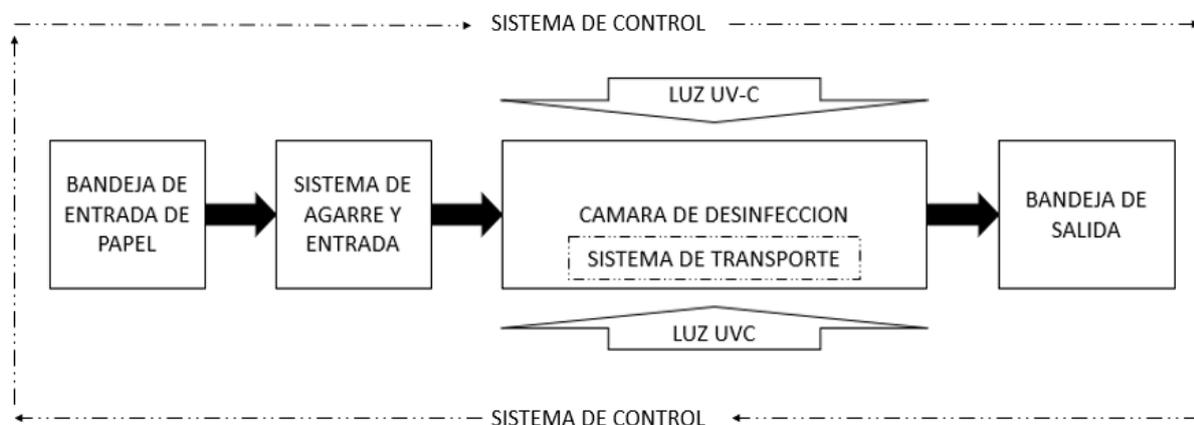
aplicaciones donde se expone directamente a esta como en el telescopio espacial Hubble y en la estación espacial internacional. Además, según [30] la familia de las amidas son los únicos plásticos que poseen una excelente resistencia a la radiación ultravioleta.

También se recomienda tinturar la cámara de desinfección como las pizas cercanas con negro de humo a un 2 %, este material proporciona a la pieza la capacidad de bloquear la radiación ultravioleta, evitando la degradación y eliminando el paso de luz. [30]

### 3.3 Sistemas y componentes

**Figura 36.**

*Diagrama de sistemas*



**Nota.** La figura representa el funcionamiento de la máquina por sistemas y permite observar la línea sobre la cual se mueve el billete.

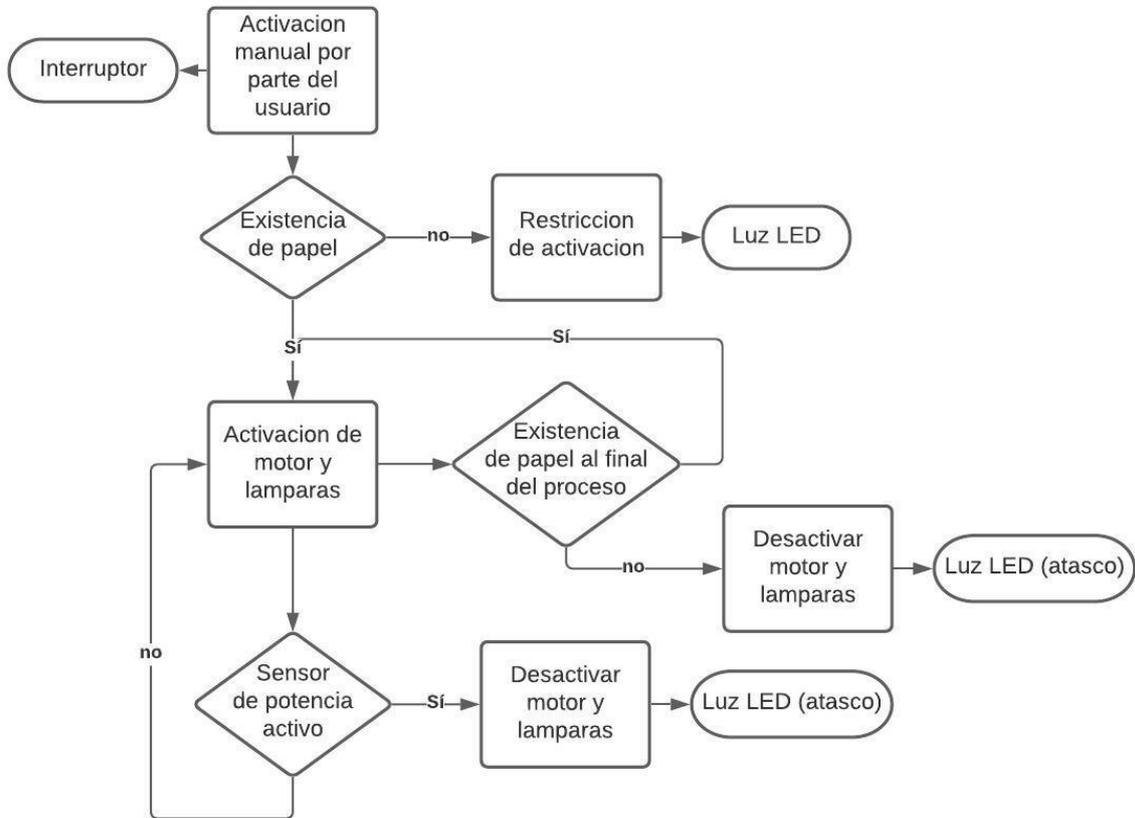
Para poder entender dinámicamente el funcionamiento de la máquina de desinfección y sus sistemas se realizó el siguiente diagrama donde se puede observar el recorrido que realizará el billete. Además, permite observar a grandes rasgos los sistemas en que se divide la máquina y cómo son abordados a lo largo del proyecto

El sistema de control se encarga de la configuración metódica del proceso de inicio a fin, lo hace por medio de elementos sensoriales, temporizadores, pulsadores o interruptores manuales, que van ligados a cada algoritmo que debería realizar el sistema, se encarga también de relacionar todos los sistemas del mecanismo desde el sistema de entrada pasando por el sistema de agarre, transporte el de radiación UV-C y finalizando con el sistema de salida por medio de la automatización de cada uno de sus correspondientes componentes. Es entonces considerado como la columna vertebral de la máquina.

### 3.3.1 Sistema de control

Figura 37 .

Diagrama sistema de control



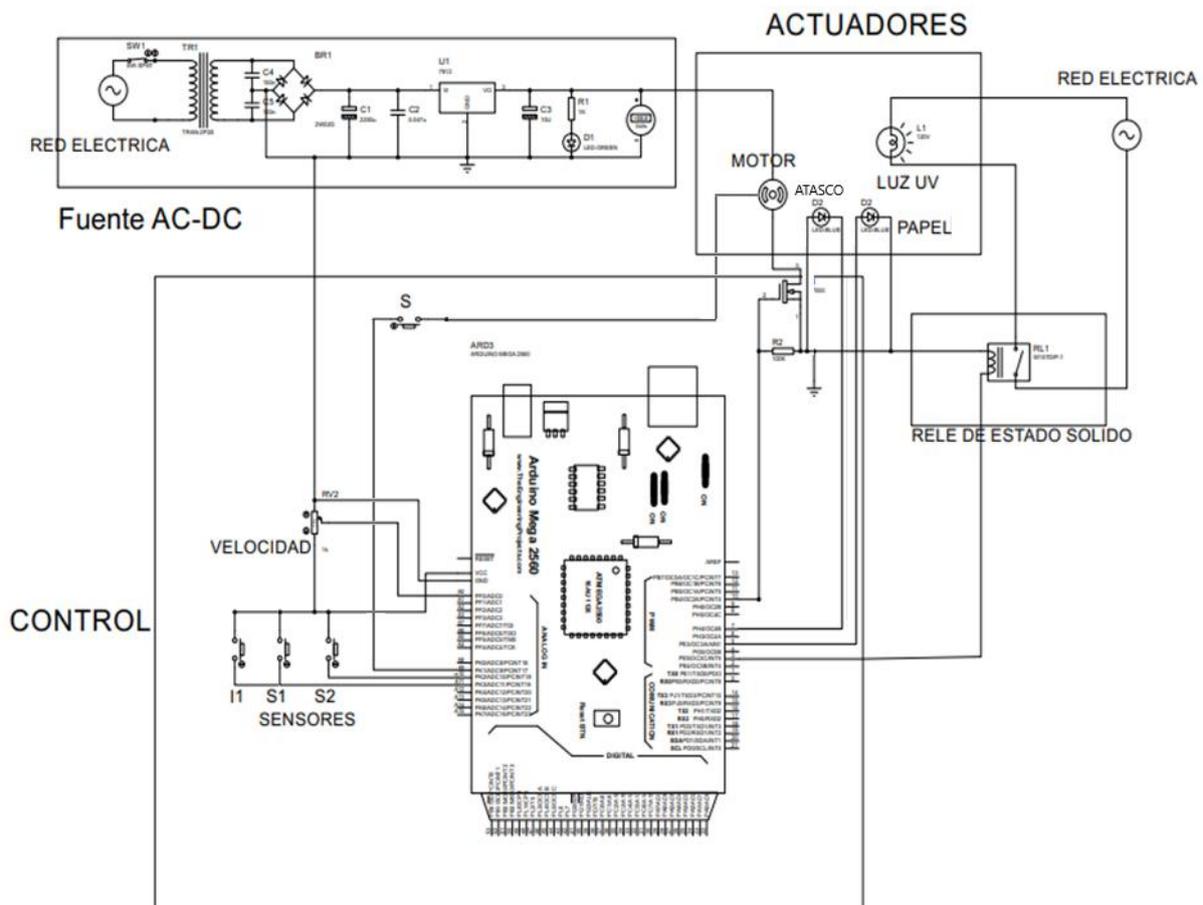
**Nota.** Este diagrama establece el paso a paso de las funciones realizadas por la máquina de desinfección desde el inicio del proceso.

Para comprender el sistema de control y funcionamiento de la máquina se diseña un diagrama que permite entender el funcionamiento paso a paso de la misma, hasta completar el proceso de desinfección. Además, este diagrama permite diseñar el sistema eléctrico y programarlo de tal manera que realice las funciones programadas.

3.3.1.a Sistema eléctrico. El sistema eléctrico se diseña y programa a partir del diagrama de control, para lograr esto inicialmente utiliza una fuente AC-DC, esto convierte la diferencia de potencial de 110V o 220V, a 12V. Este voltaje de 12V alimenta el motor y el Arduino, y se programa este según el diagrama de control. Para encender las lámparas a partir del sistema de control se utiliza un relé de estado sólido que convierte el voltaje de 12V al voltaje nominal de los tubos germicidas.

**Figura 38.**

*Diagrama eléctrico*



**Nota.** Representación del sistema eléctrico

### 3.3.1.b Programación Arduino

El Arduino se programa a partir del diagrama de control, en sus entradas se ubican los sensores de detección de papel, un interruptor, un sensor de velocidad para el motor, y el potenciómetro que permite al usuario disminuir aún más la velocidad del motor logrando una desinfección más completa a la recomendada, si así lo desea. El primer sensor detecta papel en el inicio del proceso, el interruptor da inicio a el funcionamiento de la maquina si y solo si está activo el primer sensor, una vez activado el proceso de desinfección el sensor dos se encarga de detectar el momento en que termina de pasar la pila de papel. Finalmente, el sensor S tiene el objetivo de detener la maquina en caso de atasco de papel para esto mide la potencia en la salida del motor, por lo tanto, si esta disminuye, detiene el motor y apaga la lámpara. En las salidas del Arduino se ubican el motor, la instalación eléctrica de las lámparas de desinfección y un led que avisa la falta de papel en el inicio del proceso.

### Figura 39.

#### Programación Arduino

```
Int MOTOR = 10;
Int lamp = 3;
Int p1 = A0;
Int s2 = A10;
Int s1 = A11;
Int val = 0;
Int val1 = 0;
Int val2 = 0;
Void setup ()
{
  pinMode (MOTOR, OUTPUT);
  pinMode (lamp, OUTPUT);
  pinMode (p1, INPUT);
  pinMode (s1, INPUT);
  pinMode (s2, INPUT);
  Serial. Begin (9600);
}
Void loop ()
{
  val1 = digitalRead (s1);
  val2 = digitalRead (s2);
  Ir (val1==HIGH)
  {
    If (val1==HIGH) {
      Val = analogRead (p1);
      AnalogWrite (MOTOR, val);
      DigitalWrite (lamp, HIGH);
    }
  }
  Else if (val2==HIGH)
  {
    If (val2==HIGH) {
      AnalogWrite (MOTOR, 0);
      DigitalWrite (lamp, LOW);
    }
  }
}
```

*Nota.* Comandos de programación del Arduino

#### 3.3.1.c Selección de elementos del sistema de control

- Fuente AC-DC: Convierte el voltaje de entrada de la red casera de 110V-220V a una salida de 12V que realmente se ubica en un rango de 10,8V a 13,2V

**Figura 40.**

*Fuente AC-DC*

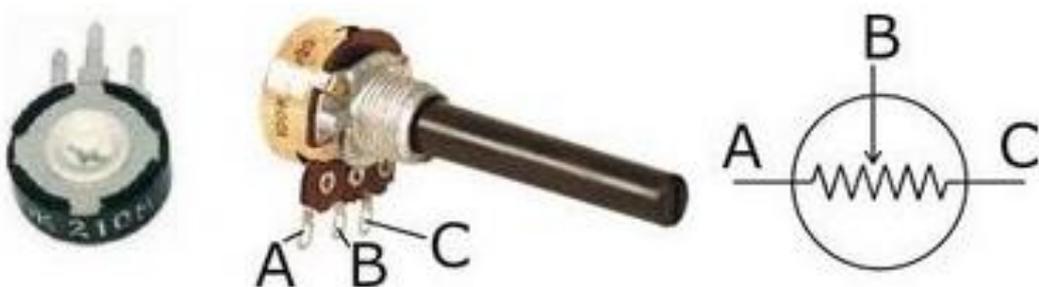


**Nota:** Representación real de una fuente de voltaje de 110V-220V a 12V, Tomado de: «Suconel.com,» Suministros y controladores S.A.S., [En línea]. Available: <https://suconel.com/product/fuente-de-alimentacion-ac-dc-12vdc-1-3a-meanwell-rs1512/>. [Último acceso: 4 11 2020].

- Potenciómetro: es una resistencia variable, este dispositivo limita el paso de corriente eléctrica ocasionando caída de voltaje, para este caso varía el voltaje de entrada al motor logrando caídas en la velocidad angular de este. [31]

**Figura 41.**

*Potenciómetro*



**Nota.** Representación real y eléctrica de un potenciómetro. Tomado de: «Area Tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>. [Último acceso: 15 11 2020].

- Relé de estado sólido: Se utiliza para dar funcionamiento a dispositivos eléctricos a través de una señal.

**Figura 42.**

*Relé de estado solido*

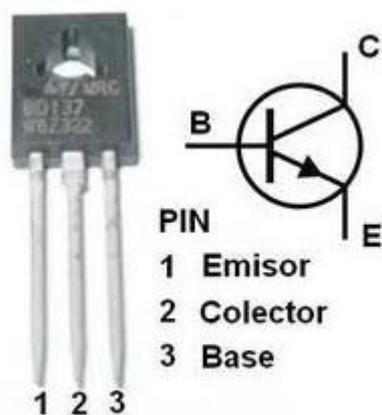


**Nota.** Representación real de relé de estado sólido. Tomado de: «Eléctricas BC,» [En línea]. Available: <http://www.electricasbc.com/articulo/contenido/15-reles-deestado-solido>. [Último acceso: 4 11 2020].

- Transistor: Regula el flujo de corriente en un circuito y actúa como interruptor o amplificador de señales. [32]

**Figura 43.**

*Transistor*



**Nota.** Representación real y eléctrica de un transistor. Tomado de: «Area Tecnologia,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/EL%20TRANSISTOR.htm>. [Último acceso: 15 11 2020].

- LED: Es un diodo emisor de luz que posee un semiconductor el cual al ser atravesado por tensión produce luz.

**Figura 44.**

*LED*



*Nota.* Representación real y eléctrica de un LED. Tomado y adaptado de: «Símbolos eléctricos y electrónicos,» [En línea]. Available: <http://www.simbologiaelectronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-iluminacion.htm>. [Último acceso: 4 11 2020].

- Retro reflectivo: Es un sensor que utiliza un espejo reflector que permite rebotar la señal producida de vuelta a él, cuando esta señal se interrumpe por un objeto se activa o desactiva según se programe. [29]

**Figura 45.**

*Retro reflectivo*



*Nota.* Representación gráfica de un retro reflectivo o sensor de papel. Tomado de: «Industrias Asociadas S.A.S.,» [En línea]. Available: <https://www.industriasociadas.com/producto/sensores-fotoelectricosreflex/>. [Último acceso: 4 11 2020].

### **3.3.2 Sistema de entrada de papel moneda**

Como primera instancia para el correcto funcionamiento de la máquina de desinfección es importante tener un óptimo sistema de entrada que garantice desde un principio la disposición sistemática de los billetes, con el fin de dar un factor de orden en la entrada de manera individual y sucesivamente de cada uno de los billetes, además de esto debe asegurar una posición segura para el usuario.

Para diseñar el sistema de entrada de papel inicialmente se tienen en cuenta las dimensiones máximas y mínimas establecidas en el segundo capítulo en la tabla 9 donde se establecen los billetes más usados en el mundo con el fin de determinar las dimensiones máximas y mínimas recibidas por la máquina.

#### **3.3.2.a Bandeja de entrada**

Hace parte del sistema de entrada y como su nombre lo indica es una bandeja que permite ubicar los billetes en la entrada de la máquina, para ser arrastrados por el sistema de agarre. Su principal objetivo es mantener los billetes en posición para entrar al sistema, esperando a que cada uno de ellos sea arrastrado uno a uno por el sistema de agarre, para ello es necesario que la bandeja de papel guíe y de una posición inicial segura al papel evitando que este entre desviado a la máquina. Para lograr esto la bandeja se compone de su estructura principal como su nombre lo indica en forma de bandeja, un ajustador y guía de papel.

- **Dimensiones de la bandeja de entrada**

Para definir la estructura de la bandeja es necesario definir el tamaño de billetes que podrá recibir, como se explicó anteriormente se tienen en cuenta las dimensiones de los billetes más comunes que están expuestas en la tabla 9 del segundo capítulo. De esta tabla se concluyeron los billetes de mayor y menor tamaño, son los de 500 euros (160 x 82 mm) y 5 euros (120 x 62 mm) respectivamente.

Una de las dimensiones más importantes a la hora de hacer uso de la máquina de desinfección es la de anchura o frontal del billete. Esto se debe a que los billetes ingresaran al sistema por la parte frontal como se observa en la siguiente figura, por lo tanto, la dimensión lateral en la entrada del sistema no juega un papel de gran importancia, sin embargo, se tiene en cuenta el billete más largo de la tabla 9 para darle la longitud lateral a la bandeja de entrada y evitar que los billetes más largos queden por fuera de esta.

**Figura 46.**

*Posición del papel en la bandeja de entrada*



*Nota.* Esta figura representa la posición en que debe ingresar el papel moneda a la máquina de desinfección.

Como se explica previamente se establece un factor de tamaño del 10% con el objetivo de recibir billetes de mayor o menor tamaño a los establecidos en la tabla 9, de esta manera se establece el ancho máximo y mínimo de la bandeja de entrada así:

$$Ae_{max} = A_{BM} + (A_{BM} * Ft)$$

$$Ae_{min} = A_{Bm} + (A_{Bm} * Ft)$$

Donde:

*Ae<sub>max</sub>*: Amplitud de entrada máxima

*Ae<sub>min</sub>*: Amplitud de entrada mínima

*A<sub>BM</sub>*: Ancho billete mayor

*A<sub>Bm</sub>*: Ancho billete menor

*Ft*: Factor de tamaño

Reemplazando

$$Ae_{max} = 82mm + (82mm * 10\%)$$

$$Ae_{max} = 90,2mm \approx 91mm$$

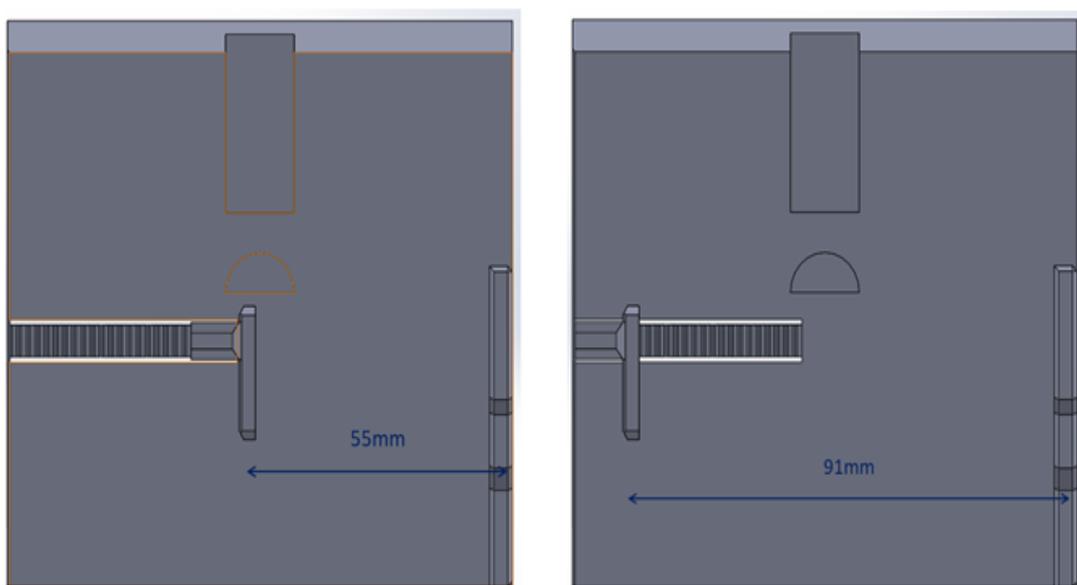
$$Ae_{min} = 62mm - (62mm * 10\%)$$

$$Ae_{min} = 55,8mm \approx 55mm$$

Para concluir la bandeja de entrada solo recibirá papel de máximo 91 mm y mínimo 55 mm de ancho.

**Figura 47.**

*Dimensiones máximas y mínimas bandeja de entrada.*



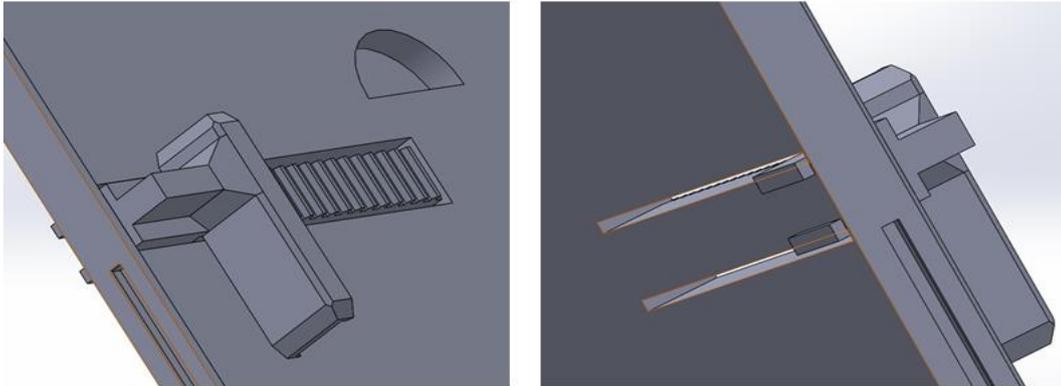
*Nota.* Esta imagen representa gráficamente el mayor y menor tamaño de entrada de papel en la bandeja, además ilustra como hace la bandeja para limitar el tamaño.

- **Estructura de la bandeja**

La estructura de la bandeja se diseña con los parámetros descritos anteriormente, además de eso se diseña sobre la estructura de la misma un sistema de ranuras que permite instalar el ajustador como se observa en la siguiente imagen esta pieza ajusta el tamaño del papel a cada una de las medidas necesarias, esto permite seleccionar el tamaño de papel que ingresa a la máquina, además de organizar este mismo evitando desviaciones y garantizando condiciones de alineación óptimas desde la entrada.

**Figura 48.**

*Estructura de bandeja y ajustador*



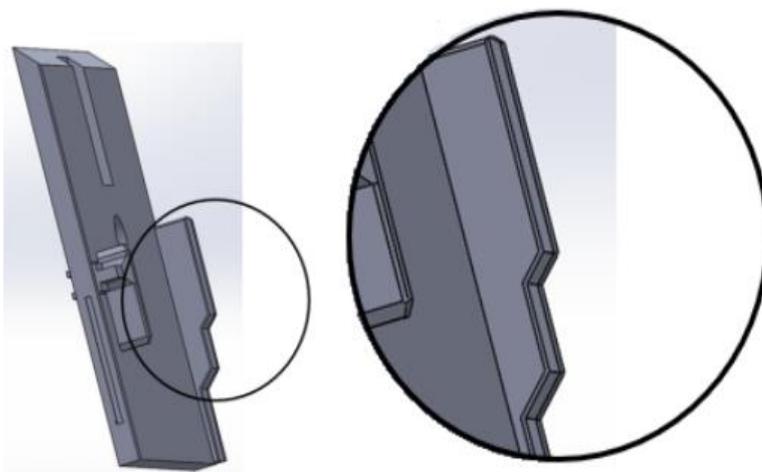
**Nota.** Esta representación gráfica explica el funcionamiento del ajustador de bandeja y como se ensambla en la estructura de la misma

- **Guía de papel**

A la hora de diseñar la bandeja de papel se tiene en cuenta este mecanismo que de manera escalonada guía el papel y disminuye el volumen de billetes en la entrada del sistema de agarre, facilitando el trabajo del mismo. Además de esto la guía sirve como soporte y contraparte del ajustador, ayudando al ingreso y el encaminamiento de los billetes al sistema de agarre de la máquina.

**Figura 49.**

*Guía de papel*



**Nota.** Esta representación gráfica explica el funcionamiento y el papel que cumple la guía de papel, además enseña el escalonamiento de la guía para reducir la entrada de papel al sistema de agarre

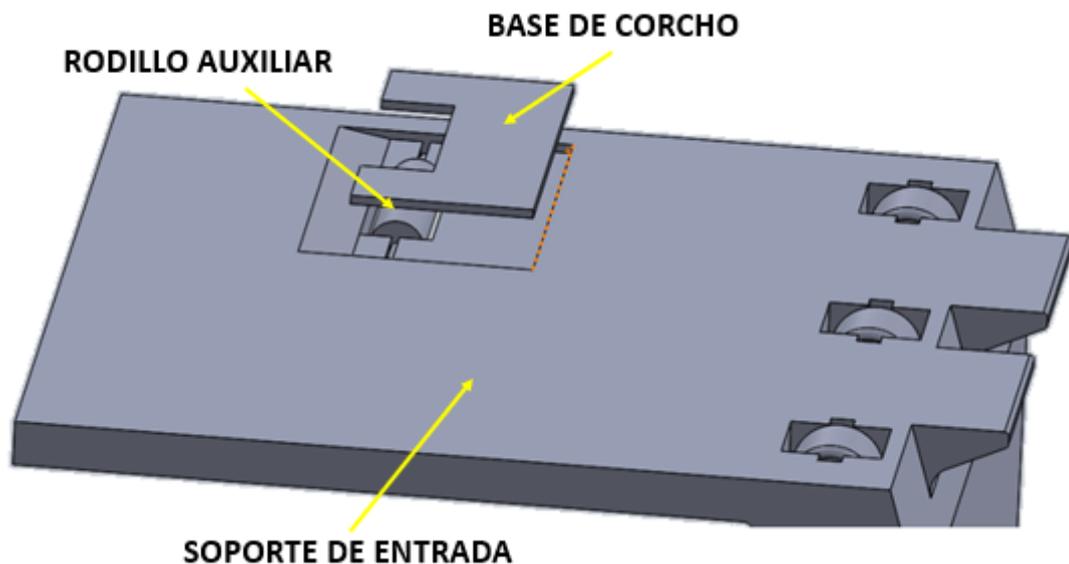
### 3.3.3 Sistema de agarre

De las principales características a tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema de agarre es hacer que la máquina tome de la bandeja de papel, billete por billete, evitando el paso de más de un billete a la vez, para lograr este objetivo se observaron las impresoras tradicionales y se realizó un estudio de ingeniería a la inversa con el objetivo de entender el funcionamiento del sistema de paso de papel y determinar los componentes necesarios para lograr la misma función en la máquina a diseñar.

Se determina inicialmente un rodillo de arrastre accionado por el sistema de potencia de la máquina, este rodillo tiene la función de arrastrar el papel uno a uno, para lograr hacer este proceso y evitar el paso de más de un billete a la vez está acompañado de una base en corcho y un rodillo auxiliar, esta base evita el paso de más de un billete y pone en espera el siguiente billete hasta terminar de arrastrar el primero.

**Figura 50.**

*Base de sistema de arrastre*

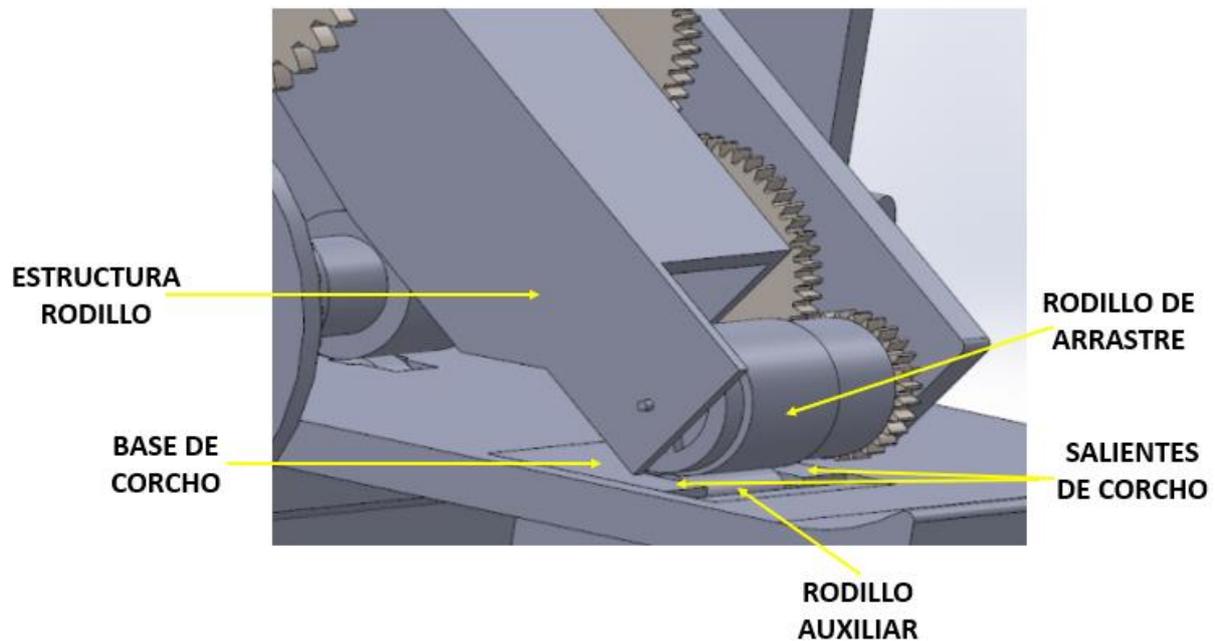


**Nota.** Representación gráfica de la base del sistema de arrastre y selección.

El rodillo de arrastre toma el billete, las salientes de corcho en la base lo seleccionan, evitando el paso de más de uno, el rodillo auxiliar ayuda a mover el billete seleccionado. La base en corcho permite el despliegue de los billetes, logrando imitar la función de los dedos humanos al separar dos papeles.

**Figura 51.**

*Sistema de selección*



*Nota.* Esta representación, esquematiza el funcionamiento del sistema de agarre y especifica los componentes que hacen posible el paso del papel.

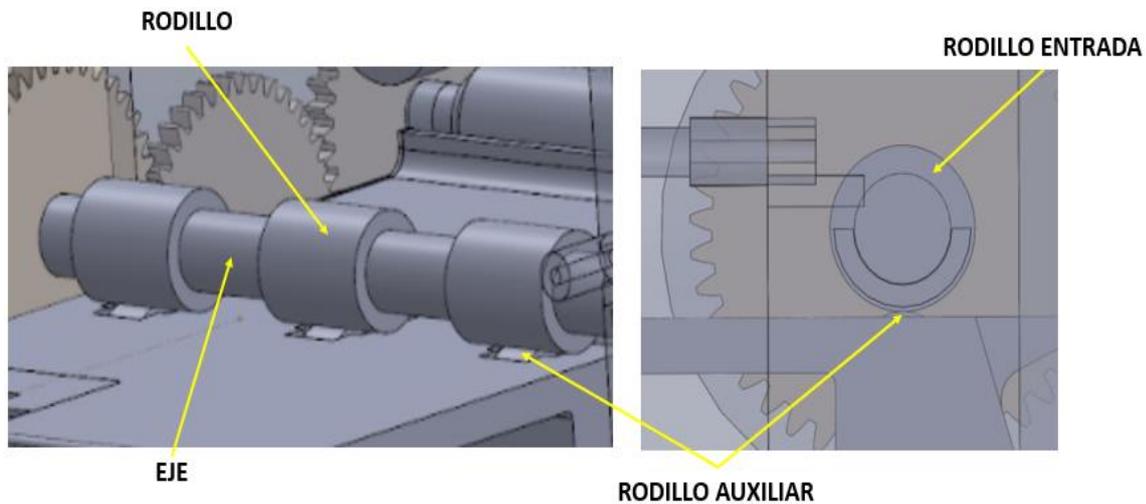
### **3.3.4 Cámara de desinfección y transporte**

La cámara de desinfección es un subsistema compacto con el sistema de transporte que permite el paso de billetes a lo largo de la máquina. Se diseña como un sistema cerrado con el fin de encerrar la luz ultravioleta que tiene potencial tóxico para la salud. En este se incorpora realmente el sistema de transporte desde la entrada de la cámara hasta la salida de ella. Este sistema se planea de tal manera que cada billete obtenga la mayor área de exposición logrando una de las principales metas propuestas dando una desinfección a ambas caras en un solo proceso.

3.3.4.a Rodillos de entrada y salida. Los rodillos de entrada se ubican después del sistema de agarre para iniciar el proceso de transporte a la cámara de desinfección, al igual que los rodillos de salida se apoyan sobre rodillos auxiliares que permiten el paso de papel fácilmente

**Figura 52.**

*Vista lateral e isométrico rodillo de entrada*



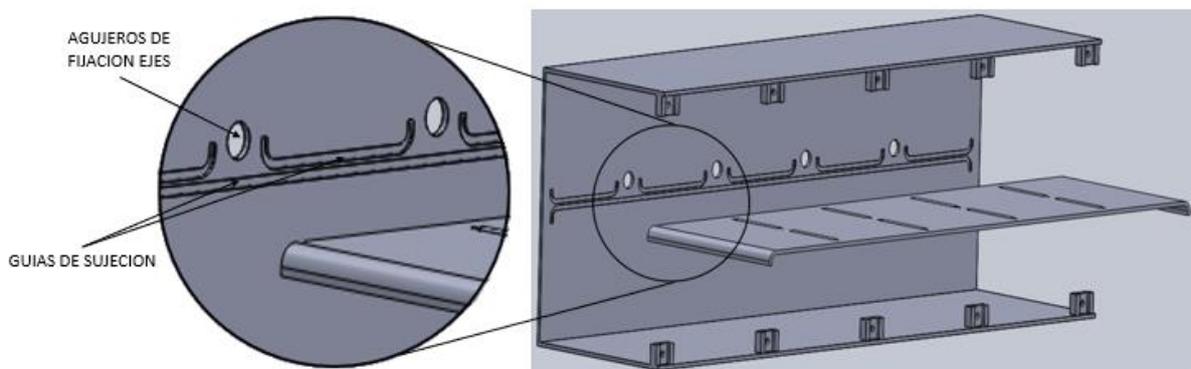
**Nota.** Representación gráfica de: rodillo de entrada, salida y acople ente rodillo de entrada y auxiliar.

Los ejes de entrada y salida están fabricados en dos partes como se muestra en la anterior figura, la primera parte es el eje de nylon sobre el cual se montan los rodillos de neopreno

3.3.4.b Estructura del sistema. El sistema estructural de la cámara está compuesto principalmente por una carcasa donde se instalan el sistema de iluminación y transporte, el principal objetivo de esta carcasa es encerrar la luz ultravioleta. Como se observa en la siguiente imagen la carcasa se diseña con el objetivo de soportar todo el sistema de transporte y el sistema de desinfección que se compone básicamente de las lámparas o tubos de radiación.

**Figura 53.**

*Sujeción de ejes y pantallas*



**Nota.** Representación gráfica del ensamble y sujeción de ejes de rodillos y pantallas de acrílico.

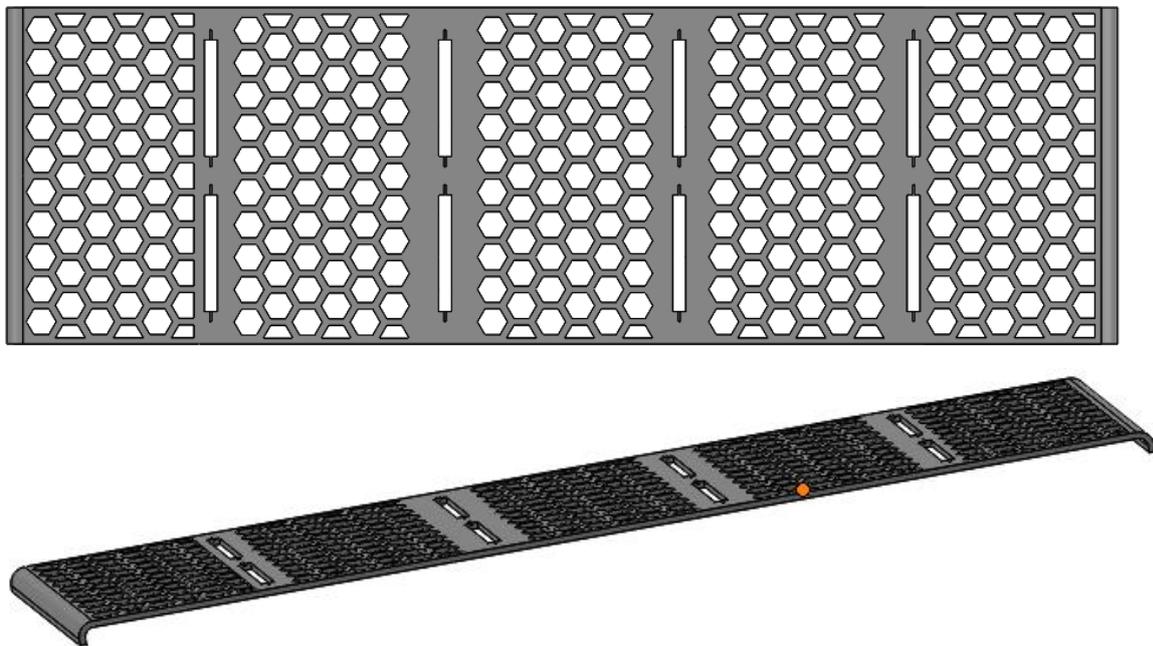
Como se observa en la figura la carcasa contempla agujeros de fijación para los ejes de los rodillos de esta manera se instala el sistema de transporte el cual será transmitido a través de engranajes. También se puede observar cómo se empotran las pantallas de acrílico a las paredes de la estructura, mediante guías de sujeción, los sockets de las lámparas se ubican en la parte superior e inferior

- **Pantallas o guías**

Estas pantallas hacen parte del sistema estructural, esto se debe a que permiten la transición del papel entre cada uno de los rodillos, sirven como guía del papel evitando que se desvíe del recorrido esperado. Se fabricará una pantalla superior y otra inferior dando apoyo en las dos caras del billete, estas pantallas tienen cortes a lo largo de su geometría, como se ve en la siguiente imagen, con el objetivo de permitir el paso de la luz al billete.

**Figura 54.**

*Pantalla inferior*



**Nota.** Esta figura representa la pantalla inferior y esquematiza la incorporación de los rodillos auxiliares

La pantalla superior está dividida en cinco partes iguales estas divisiones permiten ubicar cuatro niveles de rodillos de transmisión de papel, de esta manera los billetes siempre se

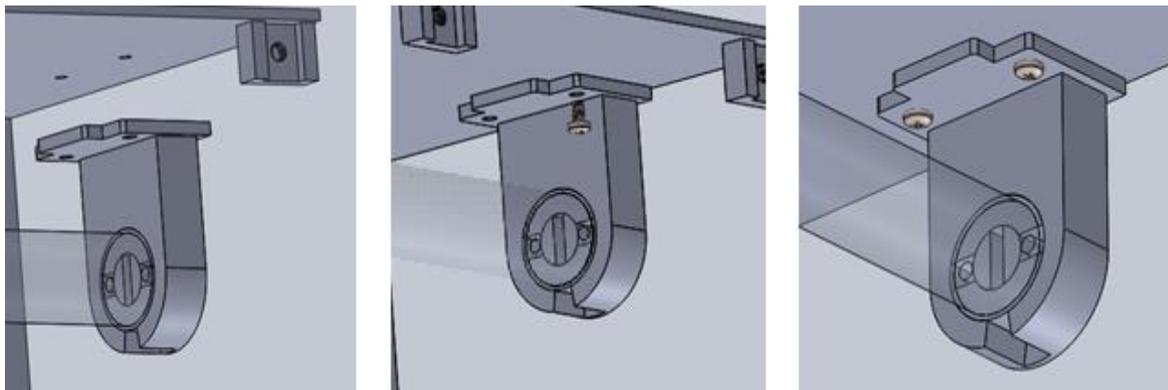
encontrarán sometidos a transmisión, cabe aclarar que existe una restricción con la longitud del billete: si es menor de 81 mm en algún punto dejará de ser transmitido ocasionando fallas y atascos en la máquina. Por lo tanto, no recibirá billetes de menos de 81mm.

La pantalla inferior se fabrica en una sola pieza. Sin embargo, en esta se incrustan una serie de rodillos auxiliares a la altura de los rodillos de transmisión. Esto con el objetivo de complementar el trabajo de estos rodillos.

3.3.4.c Sistema de desinfección. El sistema de desinfección está compuesto básicamente por las lámparas de radiación UV-C, los tubos de las lámparas se conectan con socket T8 a la instalación eléctrica. Estos sockets se ajustan estructuralmente con tornillos a la base superior e inferior de la carcasa,

**Figura 55.**

*Sockets sistema de desinfección*

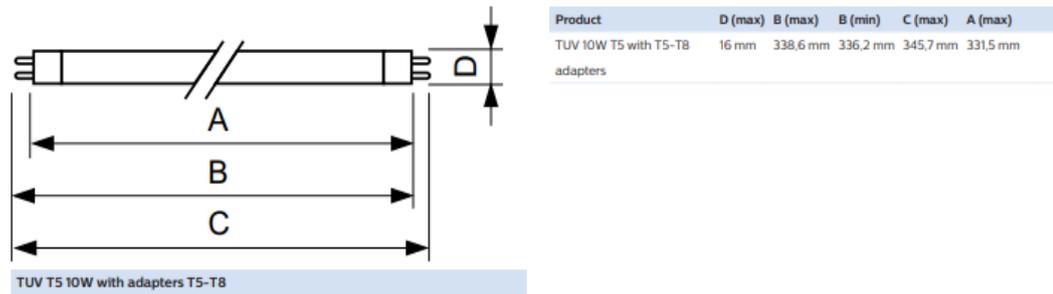


**Nota:** Representación gráfica de los sockets de conexión para tubos de desinfección ultravioleta.

Las lámparas están ubicadas a lo largo de toda la cámara de desinfección aprovechando al máximo su longitud de esta manera se aumenta la distancia que recorre el billete logrando así una mayor velocidad, teniendo en cuenta que  $V=d/t$  (donde, V: Velocidad; d: Distancia y t: Tiempo), y el tiempo de desinfección es una constante determinada.

**Figura 56.**

*Lámpara Philips TUV 10W T5-T8*



**Nota.** Plano de tubo germicida Philips con datos técnicos. Tomado de: «PHILIPS» [En línea]. Available: <https://www.philips.com.co/> [Último acceso: 4 11 2020].

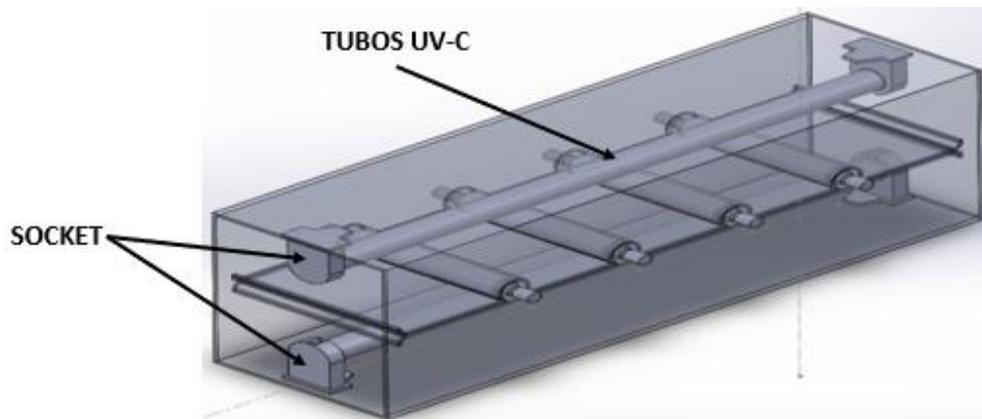
Como parte de selección del sistema de desinfección es necesario asegurar el mínimo porcentaje de desinfección necesario para la confiabilidad de la máquina, dicho lo anterior se selecciona un tubo de radiación ultravioleta que cumpla con las especificaciones de la dosis mencionada según los estudios realizados en el segundo capítulo del actual documento. Como resultado de la anterior búsqueda se obtiene la selección de los tubos mencionados en la figura 56, los cuales según sus especificaciones aseguran una radiación de 253,7 nm con una dosis mayor a los 1,8 mJ/cm<sup>2</sup>, lo cual en conjunto al sistema estructural de guías en pantallas anteriormente descrito aseguran el paso y la desinfección del producto. [33]

Las lámparas tienen una potencia nominal de 10W por lo tanto no es necesario agregar balastos o demás accesorios a la conexión eléctrica de las mismas, de esta manera solo se conectan directamente a la instalación eléctrica de la máquina.

Para la elaboración de la cámara de desinfección es necesario tener en cuenta varios puntos que deben ser prioridad, en primer lugar, es claro que en la cámara de desinfección y transporte es donde se verá evidenciada la eficiencia de la máquina y su principal objetivo que es desinfectar billetes, sabiendo eso es necesario asegurar que en conjunto los subsistemas de la cámara de desinfección realicen de manera exitosa este procedimiento.

**Figura 57.**

*Geometría del sistema*



*Nota.* Representación básica del sistema de desinfección, ubicación de lámparas y sistemas.

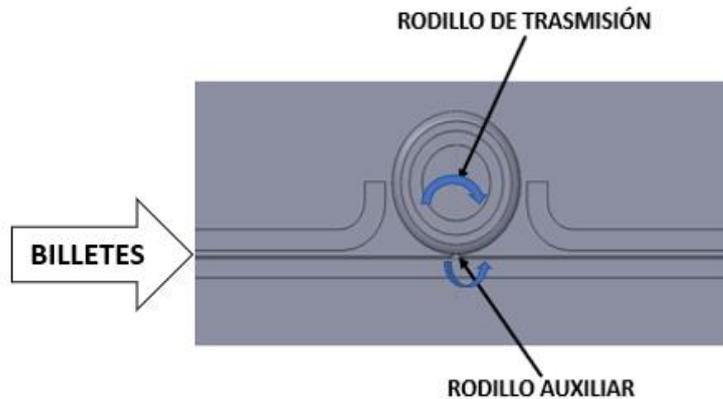
Por esta razón se debe garantizar que el material seleccionado en el proceso de fabricación de las pantallas guía aparte de realizar sus funciones y de permitir el paso de la luz UV-C, tiene también propiedades que aseguren la vida útil de la misma bajo los efectos de la radiación UV-C. El policarbonato sufre una serie de daños de carácter fotoquímico dependiendo de la radiación a la que es expuesto, lo cual está directamente relacionado con su estructura molecular y la longitud de onda que irradia sobre el policarbonato, este daño fotoquímico es el responsable de que el material se quemé y empiece a tener una coloración de color amarillo, no obstante se asegura que el material no pierde su propiedad de transparencia sino más bien provoca un proceso de refracción en el material que hace que los rayos UV cambien su dirección al pasar por la estructura molecular. Dicho daño se genera con longitudes de onda de la radiación UVA y UVB según lo indica el documento a partir de las 5000 horas de radiación, la radiación UV-C al ser la radiación ultravioleta menos filtrada por el policarbonato genera este tipo de daños a partir de las 3500 horas. Para asegurar la continua efectividad en el proceso de desinfección se debe realizar un mantenimiento de las pantallas con la periodicidad de 35000 horas. [34]

3.3.4.d sistema de transporte. El sistema de transporte para la cámara de desinfección está compuesto por los rodillos de transmisión y los rodillos auxiliares, estos primeros reciben potencia del motor a través del sistema de engranes. Los rodillos auxiliares no están sometidos directamente al movimiento sin embargo estos se mueven gracias a la fricción existente con

los rodillos de transmisión. Esta relación permite el paso del papel por cada uno de los niveles de rodillos garantizando su transición a lo largo de la máquina.

**Figura 58.**

*Acople de rodillo de transmisión con rodillo auxiliar*



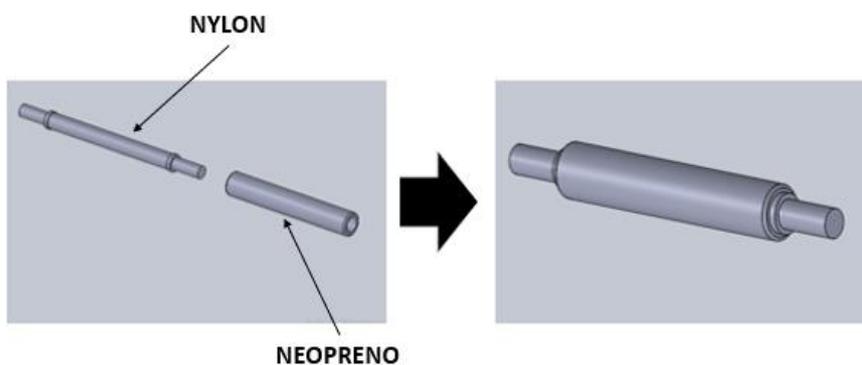
*Nota.* Esta figura permite entender como el rodillo de transmisión transmite movimiento al rodillo auxiliar facilitando el paso del papel

- **Rodillos de transmisión y auxiliares**

Los rodillos de transmisión son fabricados en dos partes, la primera es el eje en nylon, la segunda parte es el rodillo de neopreno, las propiedades de este material derivado del caucho, permiten el arrastre y manipulación del papel.

**Figura 59.**

*Rodillo de transmisión*

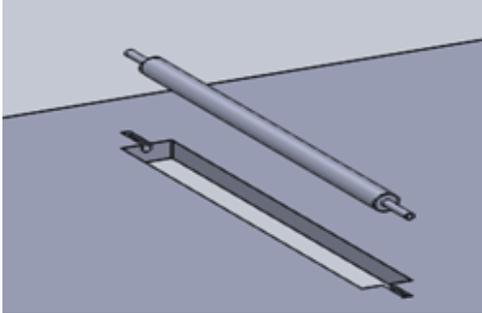


*Nota.* Representación gráfica de los rodillos de transmisión, se puede observar las dos partes que lo componen y como lo ensamblan.

Los rodillos auxiliares se fabrican en acero inoxidable para evitar corrosión y deterioro por la radiación, Además el acabado final obtenido al ser mecanizados permite recibir potencia del rodillo de arrastre.

**Figura 60.**

*Rodillo Auxiliar*



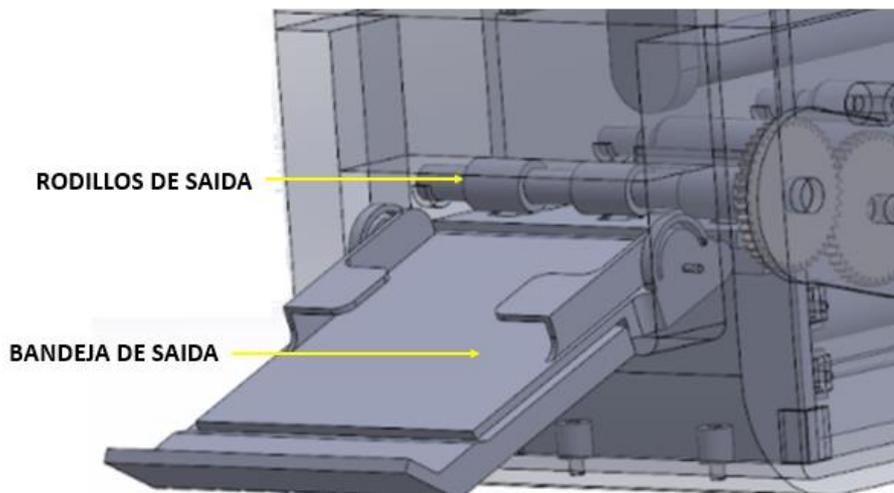
*Nota.* Representación gráfica de un rodillo auxiliar y su pre ensamble en la pantalla inferior

### 3.3.5 Sistema de salida de papel

El sistema de salida de papel es similar al sistema de entrada. Se compone de una bandeja de salida plegable que permite ahorrar espacio cuando no está en uso. Además, la bandeja tiene la capacidad de aumentar su longitud, logrando almacenar billetes de diferente longitud.

**Figura 61.**

*Bandeja de salida ensamblada en la estructura*

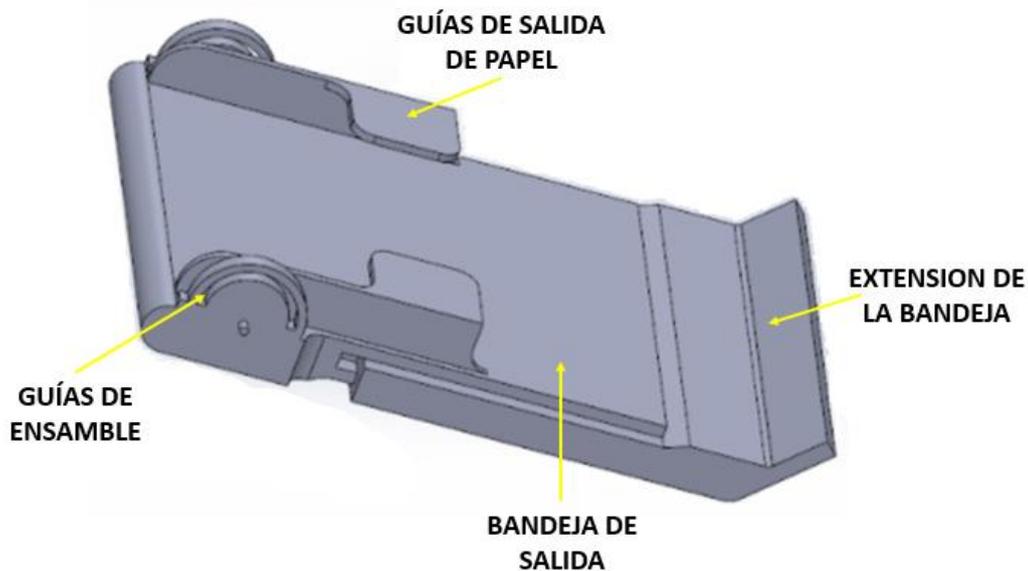


*Nota.* Esta representación gráfica, esquematiza la disposición de la bandeja de salida en la estructura de la máquina, se puede observar también el sistema de transporte que culmina el proceso.

La bandeja de salida se dispone de dos guías que ajustan y almacenan el papel en el fin del proceso de desinfección. La bandeja se ensambla a la estructura del sistema gracias a dos ejes que se ubican en los extremos, además de eso posee dos guías; una en cada uno de los extremos, estas guías permiten la apertura y cierre de la bandeja. En el otro extremo de la bandeja se observa una extensión que permite extender el tamaño de la bandeja, esta extensión es una de las dos piezas de la bandeja, esto permite simplificar el proceso de extensión.

**Figura 62.**

*Bandeja de salida*



*Nota.* Representación gráfica de la bandeja de salida, principales componentes y características.

### 3.3.6 Motor

En la siguiente sección de este documento se explica de manera clara como se determina la velocidad de funcionamiento del sistema. Para la selección del motor será necesario conocer la velocidad angular, la masa y el radio del engranaje de salida del motor.

$$m = 560,66g = 0,56066Kg$$

$$\omega = 1,222Rad/s$$

$$r = 21mm = 0,021m$$

Se determina la potencia necesaria para mover el sistema según la siguiente ecuación:

$$P = \tau * \omega \quad \text{EC 1}$$

Para el determinar el torque se utiliza la siguiente ecuación:

$$\tau = I * \alpha \quad \text{EC 2}$$

Donde:

$$I = \frac{1}{2} * m * r^2$$

$$I = \frac{1}{2} * 0,56066Kg * (0,021m)^2 = 1,236 * 10^{-4}Kg * m^2$$

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t} = \frac{1,222 \frac{Ras}{s} - 0}{4s} = 0,3055Rad/s^2$$

Reemplazando la ecuación 2

$$\tau = 1,236 * 10^{-4}Kg m^2 * 0,3055Rad/s^2$$

$$\tau = 3,7767 * 10^{-5}Nm$$

Reemplazando en la ecuación 1

$$P = 3,7767x10^{-5}Nm * 1,222 \frac{Ras}{s}$$

$$P = 4,61x10^{-5}W$$

**Figura 63.**

*Motor*



**Nota.** Imagen real micro motor. Tomado de: «Dynamo Electronics,» [En línea].

Available: [https://dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380\\_1/](https://dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380_1/). [Último acceso: 26 2 2021].

Teniendo en cuenta la potencia mínima, necesaria para mover el sistema, Se selecciona un micro motor de 6 voltios con las siguientes características: [35]

- **Tipo:** Micro motor HP (Alta potencia)
- **Voltaje:** 6 V
- **Tamaño:** 26 x 10 x 12 mm
- **Peso** 9.5g
- **Velocidad sin carga** 84 rpm
- **Corriente sin carga** 70 mA
- **Corriente Stall** 1600 mA
- **Corriente máxima eficiencia:** 280 mA
- **Velocidad máxima eficiencia:** 70 rpm
- **Potencia máxima eficiencia:** 0.61 W

### 3.4 Diseño y selección de engranajes

Una vez diseñados los rodillos de transmisión de papel a lo largo de todo el sistema se necesita transmitir la potencia desde el motor hasta cada uno de ellos, esta transmisión se realizará mediante sistemas de engranajes simples. A lo largo de todo el sistema se necesita garantizar una sola velocidad en el recorrido del papel, con el objetivo de no generar arrugas o estiramientos que puedan dañar el papel.

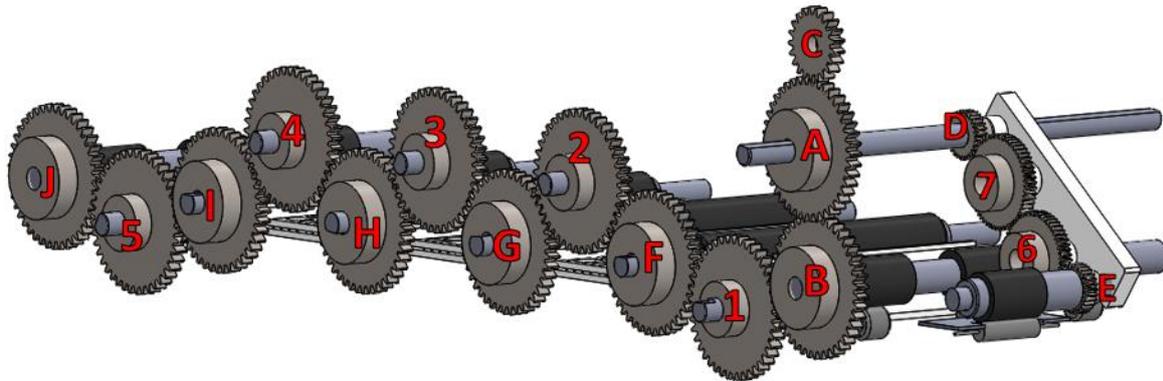
Se calcula la velocidad tangencial de los rodillos, siendo esta la misma velocidad del recorrido de los billetes. Se determina con el tiempo de desinfección ya establecido y la distancia en la que el billete está expuesto a radiación ultravioleta.

El recorrido del billete a lo largo del sistema de desinfección comienza en los rodillos de entrada y finaliza en los rodillos de salida. La distancia entre ejes de estos dos es de 370,1mm para calcular la distancia efectiva de desinfección es necesario restar el espacio en que los rodillos cubren el papel de la radiación. Esta distancia son los diámetros de cada uno de los rodillos en el sistema de desinfección.

Según estudios realizados citados a lo largo del proyecto, el tiempo de desinfección necesario para desinfectar con luz ultravioleta es de mínimo seis segundos, para efectos de este proyecto el tiempo de exposición será de siete segundos lo que representa un incremento del 15% al tiempo mínimo.

**Figura 64.**

*Sistema de transmisión*



*Nota.* En la figura se observa el sistema de transmisión de potencia de la máquina.

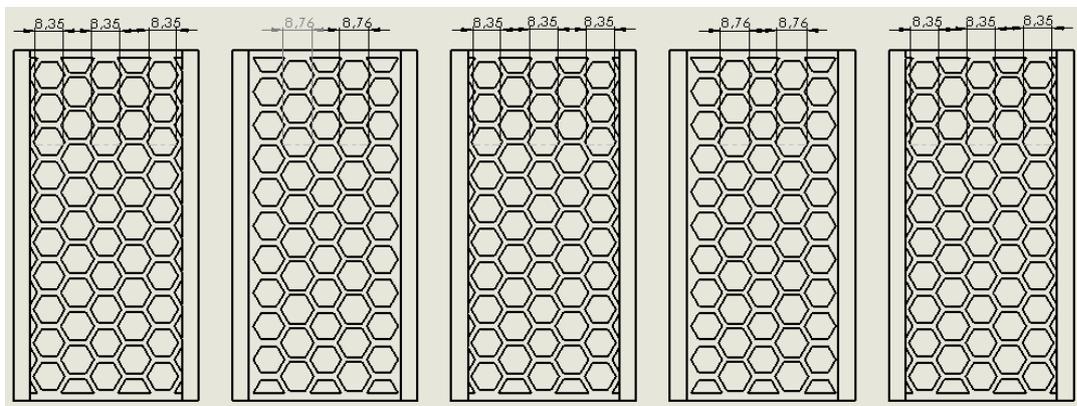
### 3.4.1 Cálculo de velocidades en los rodillos de transmisión

Teniendo en cuenta la siguiente imagen se puede observar el punto del billete que está expuesto en menor porcentaje a la desinfección por lo tanto la distancia que recorre este punto será la utilizada para el cálculo de la velocidad tangencial del billete, garantizando la desinfección total en ambas caras del billete. Esta distancia para este proyecto se denominará como distancia mínima de desinfección.

Previamente se definió el tiempo mínimo de exposición a la luz ultravioleta para garantizar la desinfección de la superficie a ser expuesta. Con esta distancia mínima de desinfección y el tiempo de desinfección se define la velocidad de transmisión en el extremo del rodillo.

**Figura 65.**

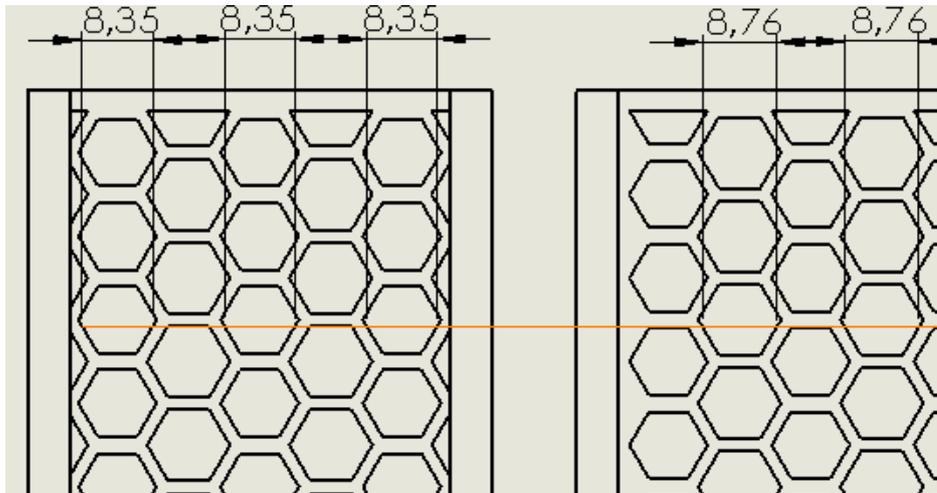
*Pantallas superiores*



*Nota.* Vista superior pantallas guía

**Figura 66.**

*Detalle pantallas*



**Nota.** En la figura se observa el punto donde el billete está sometido al mínimo de desinfección

$$v = \frac{d_m}{t_{exp}}$$

Donde:

$v$ : Velocidad del sistema

$d_m$ : Distancia mínima de desinfección = 110mm

$t_{exp}$ : Tiempo de exposición = 6s

$$v = \frac{110mm}{6s} = 18,333 \frac{mm}{s} = 0,01833 \frac{m}{s}$$

La velocidad a lo largo de todo el sistema será la misma, además de ser la misma velocidad tangencial en todos los rodillos. Al conocer la velocidad tangencial de cada uno de los rodillos es posible determinar la velocidad angular así:

$$v = \omega * r$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{18,333mm/s}{15mm} = 1,222Rad/s$$

$$\frac{1,222Rad}{s} * \frac{1Rev}{2\pi Rad} * \frac{60s}{min} = 11,6716RPM$$

### 3.4.2 Diseño de engranajes

El diseño del sistema de engranajes se realizó en dos partes, con el objetivo de transmitir potencia a la cámara de desinfección y al sistema de arrastre.

Para la cámara de desinfección se utilizaron 11 engranajes que transmiten potencia entre 6 ejes; el eje de los rodillos de entrada, eje de salida y los 4 ejes de los rodillos de transmisión en la cámara.

Con el objetivo de transmitir la potencia desde el motor a la cámara de desinfección de utilizaron dos engranajes. El primero desde la salida del eje del motor y el segundo engranaje loco con las mismas características de los engranajes de la cámara de desinfección. Este permite conservar el sentido de giro del motor en los rodillos como se observa en la figura 67.

**Tabla 26.**

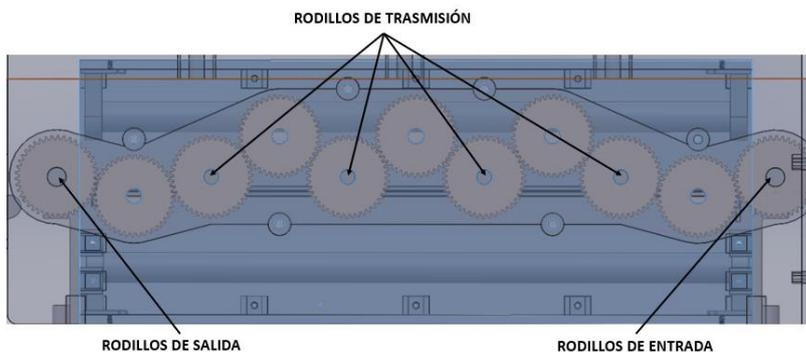
*Características engranaje motor*

PARAMETROS	VALORES (mm)
Modulo (M)	1
Numero de dientes (Z)	21
Diámetro primitivo (d)	21
Espesor de diente	4
Angulo de presión	20
Diámetro exterior	22
Diámetro del agujero	3

*Nota.* Características engranajes motor

**Figura 67.**

*Sistema de engranajes cámara de desinfección*



*Nota:* Representación gráfica del sistema de transmisión

**Tabla 27.**

*Características engranajes sistema de transmisión cámara de desinfección.*

PARAMETROS	VALORES (mm)
Modulo (M)	1
Numero de dientes (Z)	42
Diámetro primitivo (d)	42
Espesor de diente	4
Angulo de presión	20
Diámetro exterior	44
Diámetro del agujero	7

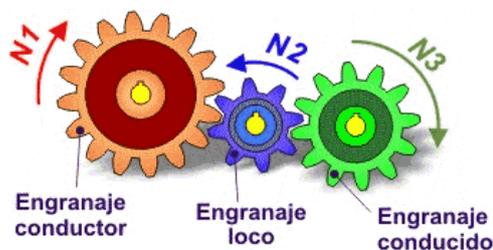
*Nota.* Características engranajes cámara de desinfección

Se seleccionan 11 engranajes de iguales características, con el objetivo de mantener la misma velocidad angular en todos los ejes de los rodillos. Para el sistema de transmisión de la cámara de desinfección se seleccionaron 11 engranajes de con las siguientes características.

Las variables resaltadas en la siguiente tabla, son las de entrada para la selección y diseño de engranajes. Una vez seleccionados los engranajes, se determina la ubicación de los ejes de engranajes locos, como se observa en la siguiente figura el engranaje loco, permite que el engranaje conductor y el conducido giren en la misma dirección sin afectar la relación. De esta manera para el caso de este diseño se garantiza que todos los rodillos de transmisión giran en la misma dirección con la misma dirección y con la misma relación, manteniendo la velocidad angular y tangencial en cada uno de ellos.

**Figura 68.**

*Engranaje loco*



*Nota.* En esta figura se observa la función del engranaje loco, Tomado de: «Tecnología industrial» [En línea]. Available:

<http://tecnologiaindustrialconcarolina.blogspot.com/2017/05/engranajeloco.html>.

[Último acceso: 15 11 2020].

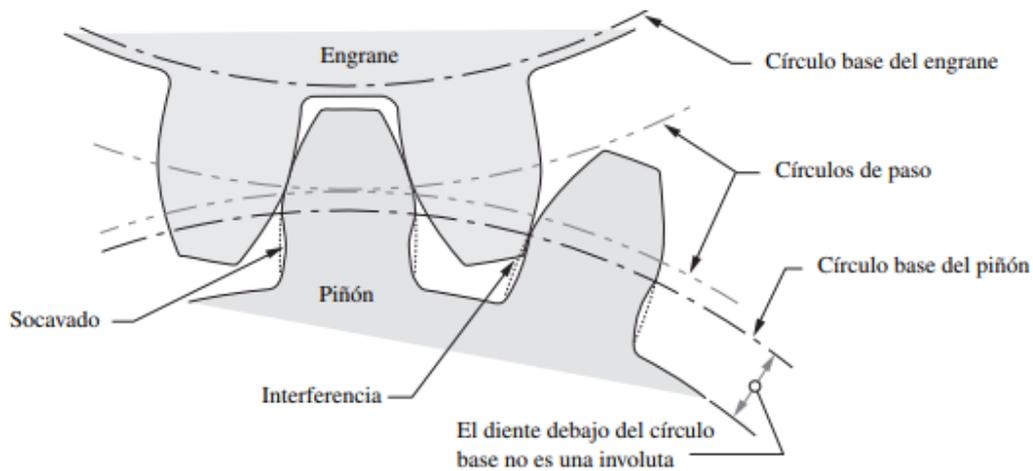
Para calcular la posición del eje del engranaje loco, es necesario obtener el diámetro primitivo o círculo de paso, esta dimensión es donde se unen los dos engranajes y donde hacen contacto entre si sus dientes. Por lo tanto, se determina el diámetro primitivo así:

$$d = M * Z$$

$$d = 1mm * 42 = 42mm$$

**Figura 69.**

*Interferencia y socavado de dientes debajo del círculo base*



**Nota.** Esta ilustración permite entender donde se relacionan los diámetros y hacen contacto los dientes de dos engranajes. Tomado de: : R. L. Norton, Diseño de maquinaria, México: Mc GRAW-HILL, 2009.

Una vez determinado el diámetro primitivo que para este caso es el mismo para cada uno de los engranajes se calcula la distancia entre ejes así:

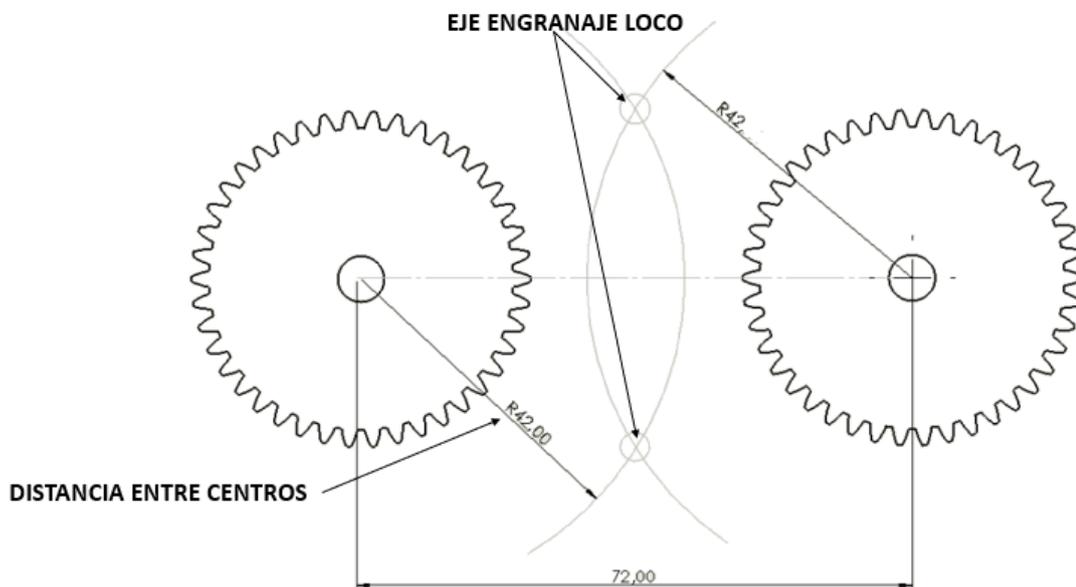
$$Dc = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$Dc = \frac{42mm + 42mm}{2} = 42mm$$

Teniendo fijos los ejes de los engranajes conductores y conducidos se determina la posición del eje de engranaje loco geoméricamente. Se determina la distancia entre centros del engranaje loco y el conductor y la distancia entre centros de engranaje loco y el conducido, y se hace un arco desde el eje de cada uno de los engranajes hasta encontrar donde se interceptan, es allí donde se ubicar el engranaje loco garantizando contacto con el conductor y conducido.

**Figura 70.**

*Posición de ejes sistema de engranajes*



*Nota.* Esta figura representa geoméricamente como determinar la posición del eje del engranaje loco.

**Tabla 28.**

*Características engranajes sistema de agarre*

PARAMETROS	VALORES (mm)	VALORES (mm)
Modulo (M)	0,5	0,5
Numero de dientes (Z)	28	56
Diámetro primitivo (d)	14	28
Espesor de diente	4	4
Angulo de presión	20	20
Diámetro exterior	15	57
Diámetro del agujero	6	6

*Nota.* En esta tabla se encuentran las características de los engranajes usados en este sistema.

Como se muestra en la figura 74 todos los engranajes locos se ubican teniendo en cuenta la anterior imagen.

Para diseñar el sistema de engranajes del sistema de agarre se utiliza la misma metodología donde se determinan los ejes entre los cuales se necesita transmitir potencia, y así se seleccionan los engranajes con las características necesarias para lograr este objetivo.

Para este sistema se seleccionan dos tipos de engranajes diferentes de las siguientes características.

Uno de los engranajes de 28 dientes será el conductor y el otro de estas mismas características será el conducido; para este sistema se utilizaron dos engranajes locos con el objetivo que transmitir la potencia en la geometría requerida y además que permitieran el cambio en la dirección desde el conductor hasta el conducido. Se calcula el diámetro primitivo de cada uno de estos así:

$$d = M * Z$$

Para el conductor y conducido

$$d = 0,5mm * 28 = 14mm$$

Para los locos

$$d = 0,5mm * 56 = 28mm$$

A la hora de ubicar los ejes de los engranajes locos, se calcula la distancia entre centros del conducto y el loco así:

$$Dc = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$Dc = \frac{14mm + 28mm}{2} = 21mm$$

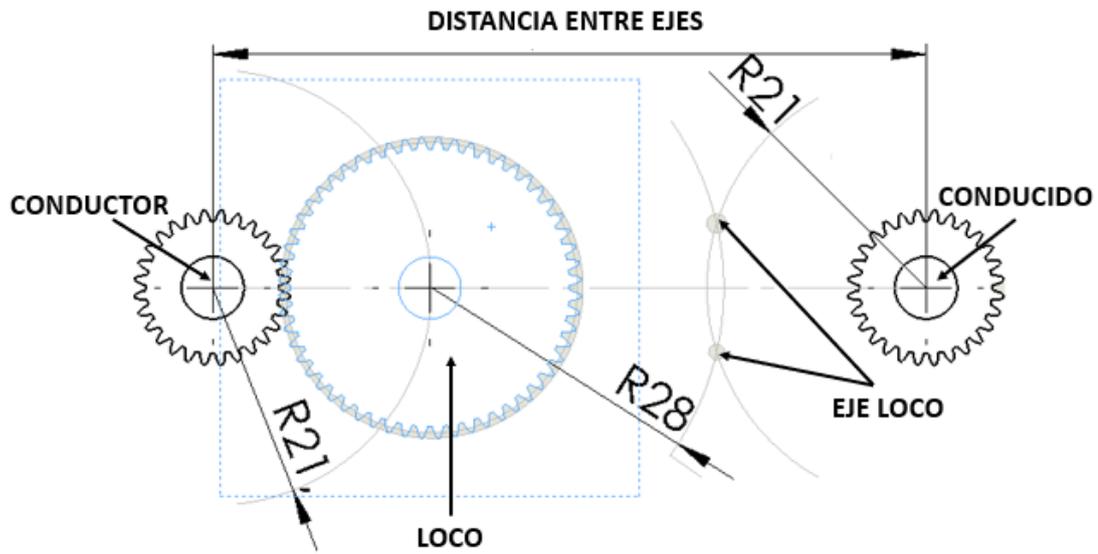
La posición del primer eje loco a lo largo de la circunferencia se selecciona aleatoriamente, para este caso se ubicó sobre la línea entre los engranajes conductor y conducido. Posteriormente se calcula la distancia entre centros del engranaje loco y el conducido y la distancia entre centros de los dos engranajes locos, para lograr ubicar el eje del engranaje restante.

$$Dc = \frac{14mm + 28mm}{2} = 21mm$$

$$Dc = \frac{28mm + 28mm}{2} = 28mm$$

**Figura 71.**

*Posición de ejes sistema de agarre*



*Nota.* Esta figura representa geoméricamente como determinar la posición los ejes de los dos engranajes locos.

Para el diseño y selección de engranajes, se inicia el proceso seleccionando el módulo y número de dientes deseados. Para este caso se diseñan los engranajes del sistema de desinfección con módulo de 1 y número de dientes 42, Para determinar la anchura inicial del diente se utiliza el siguiente parámetro, donde  $b$  es el espesor del diente. [36]

$$3m < b < 5m$$

Conociendo estos tres valores, solo hace falta definir el ángulo de entalle, el cual se define de  $20^\circ$  siendo esta una de las dos posibilidades que ofrecen los programas de diseño. El diámetro del agujero se define según el eje en el cual se instalarán. Teniendo en cuenta el parámetro para la selección del espesor del diente se diseñarán los engranajes con un diente de 4mm. [36]

### 3.4.3 Resistencia a flexión

Se propone un método a partir del método de Faires, [37] para determinar la tensión actuante en el pie del diente así:

$$\sigma = \frac{FC_s}{mbYn} \leq [\sigma]$$

Donde:

$\sigma$ : Tensión actuante en el pie del diente (MPa)

$[\sigma]$ : Tensión admisible del material (MPa)

$C_s$ : Factor de servicio

F: Fuerza tangencial aplicada sobre el diente (N)

Y: Factor de Lewis

m: Modulo (mm)

b: Espesor del diente (mm)

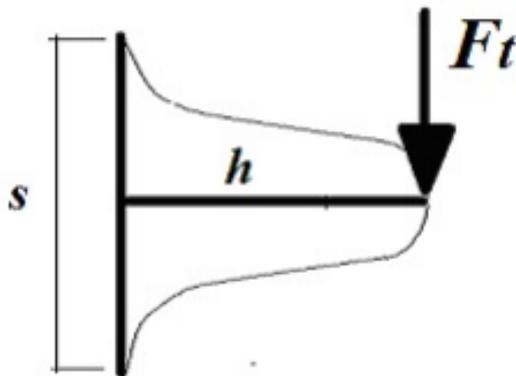
n: Factor de seguridad

3.4.3.a La tensión admisible del POM (poli acetal) material para la fabricación de engranajes es de 60Mpa según catálogo de materiales. [38]

3.4.3.b Fuerza Tangencial aplicada sobre el diente. Para determinar la resistencia se considera el perfil del diente como una viga en voladizo, que está sometida a una carga puntual en el extremo como se muestra en la siguiente figura. [36]

**Figura 72.**

*Perfil del diente*



**Nota.** Representación gráfica del perfil del diente sometido a una carga Ft en su extremo. Tomado de: «Ingemecanica.com,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn151.html>. [Último acceso: 20 11 2020].

Asumiendo la fuerza tangencial en el extremo del engranaje igual a la carga transmitida y teniendo en cuenta que las pérdidas de potencia a lo largo del tren de engranajes son nulas, se asume la potencia (H) igual a la potencia del motor en su máxima eficiencia.

$$W_t = \frac{60.000H}{\pi d_a n}$$

$H =$  Potencia (KW)

$d =$  Diametro del engrane (mm)

$n =$  Velocidad (RPM)

$W_t =$  Carga transmitida

3.4.3.c Factor de servicio. Según la siguiente tabla se determina el factor de servicio  $C_s= 1$

**Tabla 29.**

*Factor de servicio de engranaje*

<b>Tipo de Carga</b>	<b>8-10 h/día</b>	<b>24 h/día</b>	<b>Intermitente (3 h/día)</b>	<b>Ocasional (0,5 h/día)</b>
Constante	1	1,25	0,80	0,50
Choques ligeros	1,25	1,50	1	0,80
Choques medios	1,50	1,75	1,25	1
Choques fuertes	1,75	2	1,50	1,25

*Nota.* En esta tabla se observa el factor de servicio según el tipo de carga a ser aplicadas y la cantidad de horas de servicio esperadas. Tomado de: J. L. Moya Rodriguez y J. A. Velázquez Perez, «Calculo de engranajes Plasticos,» Ediciones Mecanica, Las Villas, Cuba, 2007.

3.4.3.d Factor de Lewis. El factor de Lewis para cada engranaje se obtiene con el número de dientes de cada engranaje en la siguiente tabla.

**Tabla 30.**

*Factor de Lewis Y*

Número de dientes	Diente de involuta de 20°	Diente de involuta de 20° cortos.
12	0,245	0,311
14	0,276	0,339
16	0,295	0,361
18	0,308	0,377
20	0,320	0,393
22	0,330	0,405
26	0,346	0,424
30	0,358	0,437
34	0,371	0,446
38	0,383	0,456
43	0,396	0,462
50	0,408	0,474

**Nota.** En esta tabla se observa el factor de Lewis (Y) según la cantidad de dientes del engranaje. Tomado de: J. L. Moya Rodriguez y J. A. Velázquez Perez, «Calculo de engranajes Plasticos,» Ediciones Mecanica, Las Villas, Cuba, 2007.

3.4.3.e Factor de seguridad: el factor de seguridad recomendado esta entre 1 y 1,7. [37] Para este caso se recomienda tomarlo de 1,7.

Una vez halladas todas las variables necesarias para determinar la resistencia a tensión en la base del diente se calcula este valor para cada uno de los engranajes. En este caso el diseño de esta máquina propone dos trenes de engranajes, el primer tren de engranajes diseñados con modulo (m=1 mm) y ancho de cara (b=4 mm). El segundo tren de engranajes con modulo (m=0,5) mm y ancho de cara (b=4 mm).

a) Primer tren de engranajes, Engranajes Z=21

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(21)(23,34)} = 0,02376KN = 23,76N$$

$$\sigma = \frac{23,76 * 1}{1 * 4 * 0,310 * 1,7} = 5,63 \leq 60$$

b) Primer tren de engranajes, Engranajes Z=42

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376KN = 23,76N$$

$$\sigma = \frac{FC_s}{mbYn}$$

$$\sigma = \frac{23,76 * 1}{1 * 4 * 0,393 * 1,7} = 4,44 \leq 60$$

c) Segundo tren de engranajes, Engranajes Z= 56

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(28)(5,835)} = 0,07130KN = 71,30N$$

$$\sigma = \frac{71,30 * 0,5}{1 * 4 * 0,423 * 1,7} = 12,39 \leq 60$$

d) Segundo tren de engranajes, Engranajes Z= 28

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(14)(11,67)} = 0,07130KN = 71,30N$$

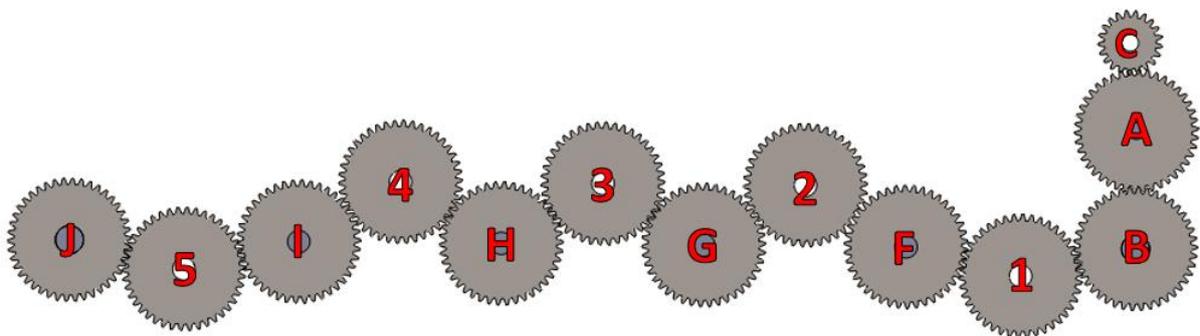
$$\sigma = \frac{71,30 * 0,5}{1 * 4 * 0,352 * 1,7} = 14,89 \leq 60$$

### 3.5 Diseño y selección de ejes

Para el diseño y selección del diámetro de los ejes de trabajo se realiza inicialmente el cálculo de las cargas sobre este, para ello se realiza el análisis de cargas sobre los engranajes ensamblados en el eje de transmisión que reparten potencia hacia el sistema de desinfección y el sistema de agarre. De esta manera se determinará el diámetro mínimo requerido para la fabricación de cada uno de los ejes. Inicialmente se determina el diámetro para el eje principal, el cual se considera el más crítico en este diseño. Una vez se determinado este diámetro se calcula el factor de seguridad en los 7 ejes restantes para validar el diámetro.

**Figura 73.**

*Disposición de ejes y engranajes en el sistema de potencia*



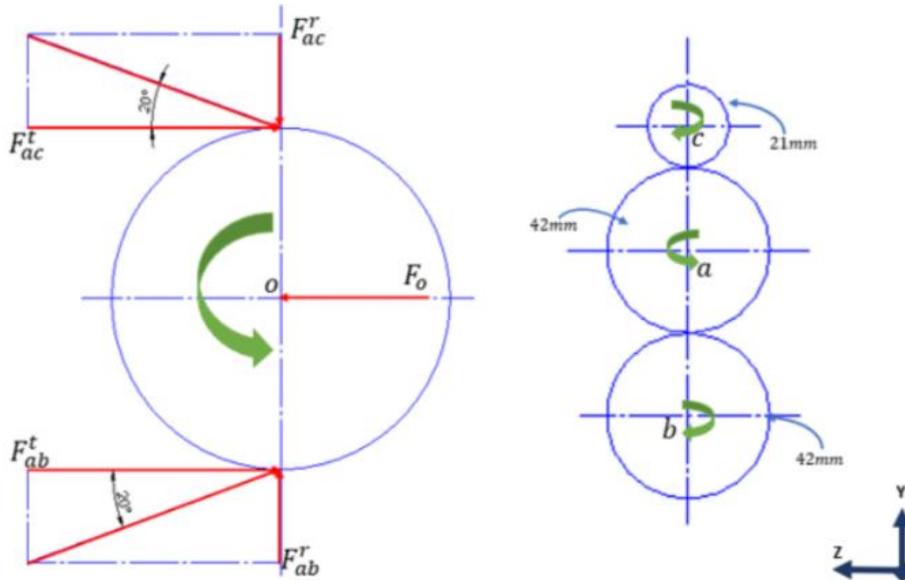
**Nota.** En el siguiente grafico se observa la disposición de los ejes y engranajes del sistema de potencia. Los engranajes que serán estudiados se encuentran referenciados.

### 3.5.1 Cargas transmitidas

- Cargas transmitidas sobre el engranaje a

**Figura 74.**

*Carga transmitida en el engranaje a*



**Nota.** La figura representa los engranajes acoplados en el eje y las cargas aplicadas en este.

Se define la potencia, como la potencia máxima que entrega el motor, y la velocidad angular como la necesaria para que los billetes se expongan a 7 segundos o más.

$$W_t = \frac{60.000H}{\pi d_a n}$$

$H =$  Potencia (KW)

$d =$  Diametro del engrane (mm)

$n =$  Velocidad (RPM)

$W_t =$  Carga transmitida

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376KN = 23,76N$$

La fuerza tangencial del engranaje a sobre el engranaje b es  $F_{ab}^t = 23,76N$  [39]

$$F_{ab}^r = F_{ab}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64N$$

$$F_{ab} = \frac{F_{ac}^t}{\cos 20^\circ} = \frac{23,76}{\cos 20^\circ} = 25,28N$$

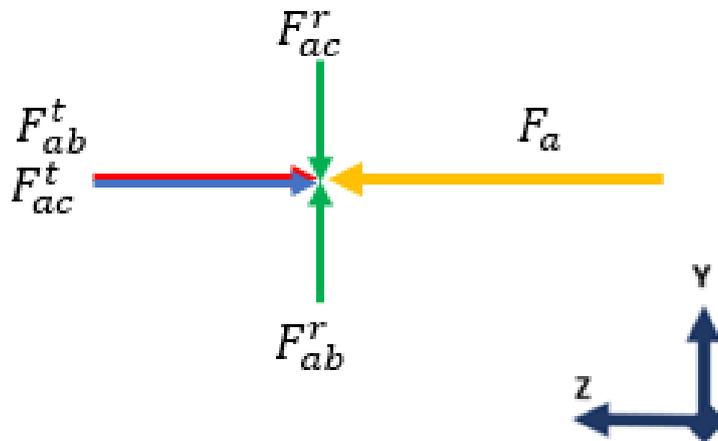
$$F_{ac}^t = 23,76N$$

$$F_{ac}^r = 8,64N$$

$$F_{ac} = 25,28N$$

**Figura 75.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje A*



*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

$$\sum F_y = F_{ac}^r - F_{ab}^r + F_O^y = 0$$

$$\sum F_z = F_{ac}^t + F_{ab}^t - F_O^z = 0$$

$$F_{ay} = F_{ab}^r - F_{ac}^r = 0$$

$$F_a = F_{az} = F_{ac}^t + F_{ab}^t = 23,76 + 23,76 = 47,52N$$

Donde:

$F_{ab}^t$ : Fuerza tangencial del engranaje a sobre el engranaje b.

$F_{ac}^t$ : Fuerza tangencial del engranaje a sobre el engranaje c.

$F_{ab}^r$ : Fuerza radial del engranaje a sobre el engranaje b.

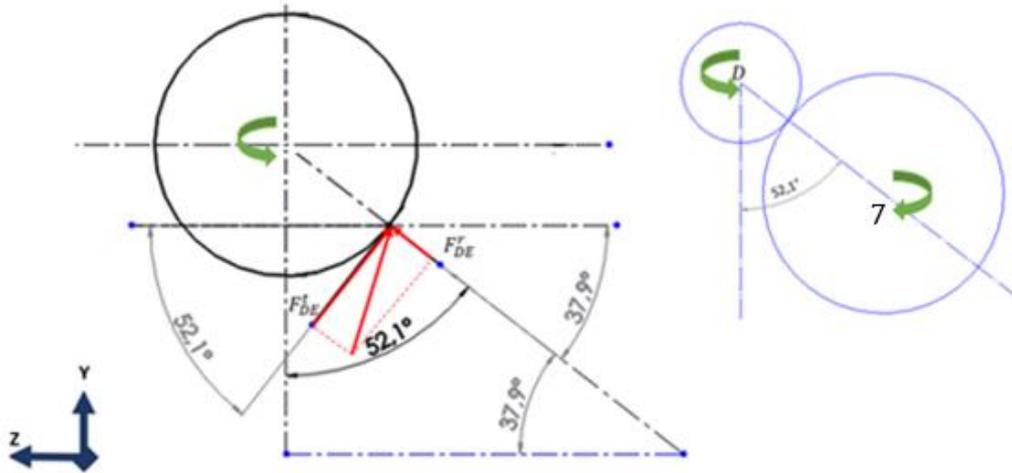
$F_{ac}^r$ : Fuerza radial del engranaje a sobre el engranaje c.

$\alpha$ : Angulo de presión del engranaje.

- Cargas transmitidas sobre el engranaje D.

**Figura 76.**

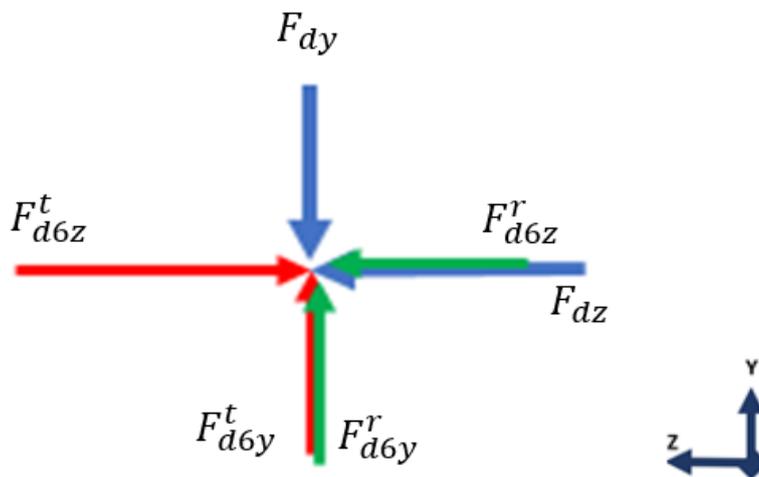
*Carga transmitida en el engranaje d*



*Nota:* La figura representa los engranajes acoplados en el eje y las cargas aplicadas en este.

**Figura 77.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje D*



*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(14)(11,67)} = 0,07129 \text{KN} = 71,29 \text{N}$$

$$F_{D6}^t = 71,29 \text{N}$$

$$F_{D6}^r = F_{D6}^t \tan 20^\circ = 71,29 \tan 20^\circ = 25,94 \text{ N}$$

$$F_{D6z}^t = F_{D6}^t \cos 52,1^\circ = 71,29 \cos 52,1^\circ = 43,79 \text{ N}$$

$$F_{D6y}^t = F_{D6}^t \sin 52,1^\circ = 71,29 \sin 52,1^\circ = 56,25 \text{ N}$$

$$F_{D6z}^r = F_{D6}^r \cos 37,9^\circ = 25,94 \cos 37,9^\circ = 20,46 \text{ N}$$

$$F_{D6y}^r = F_{D6}^r \sin 37,9^\circ = 25,94 \sin 37,9^\circ = 15,93 \text{ N}$$

$$\sum F_y = F_{ay} - F_{D6y}^r - F_{D6y}^t = 0 \qquad \sum F_z = F_{D6z}^t - F_{D6z}^r - F_{dz} = 0$$

$$F_{ay} = F_{D6y}^r + F_{D6y}^t = 15,93 + 56,25 = 72,18 \text{ N}$$

$$F_{dz} = F_{D6z}^t - F_{D6z}^r = 43,79 - 20,46 = 23,33 \text{ N}$$

### 3.5.2 Determinación de fuerzas en los planos del eje

- Sumatoria de fuerzas en el plano (zx) para el eje principal.

$$\sum F_z = -F_{rz} - F_{sz} + F_{az} + F_{dz} = 0$$

$$\sum M_D = (F_{rz} * 155) - (F_{az} * 129) - (F_{dz} * 71) = 0$$

$$F_{sz} = F_{dz} + F_{az} - F_{rz}$$

$$F_{rz} = \frac{(F_{az} * 129) + (F_{dz} * 71)}{155}$$

$$F_{rz} = \frac{(47,52 \text{ N} * 129 \text{ mm}) + (23,33 \text{ N} * 71 \text{ mm})}{155 \text{ mm}}$$

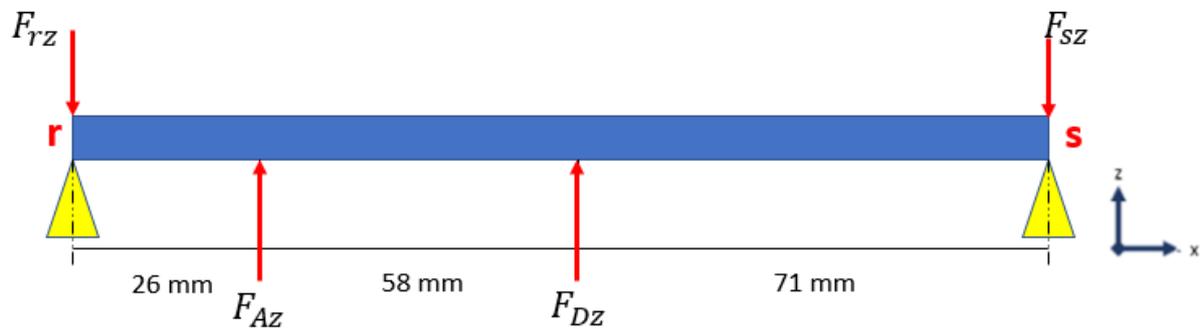
$$F_{rz} = 50,23 \text{ N}$$

$$F_{sz} = 23,33 + 47,52 - 50,23$$

$$F_{sz} = 20,62 \text{ N}$$

**Figura 78.**

*Cargas aplicadas sobre el eje en el plano (zx)*



**Nota.** Representación esquemática de las fuerzas aplicadas en el plano zx.

- Sumatoria de fuerzas en el plano (yx) para el eje principal

$$\sum F_Y = F_{ry} - F_{dy} + F_{sy} = 0$$

$$\sum M_D = (F_{dy} * DS) - (F_{ry} * RS) = 0$$

$$F_{sy} = F_{dy} - F_{ry}$$

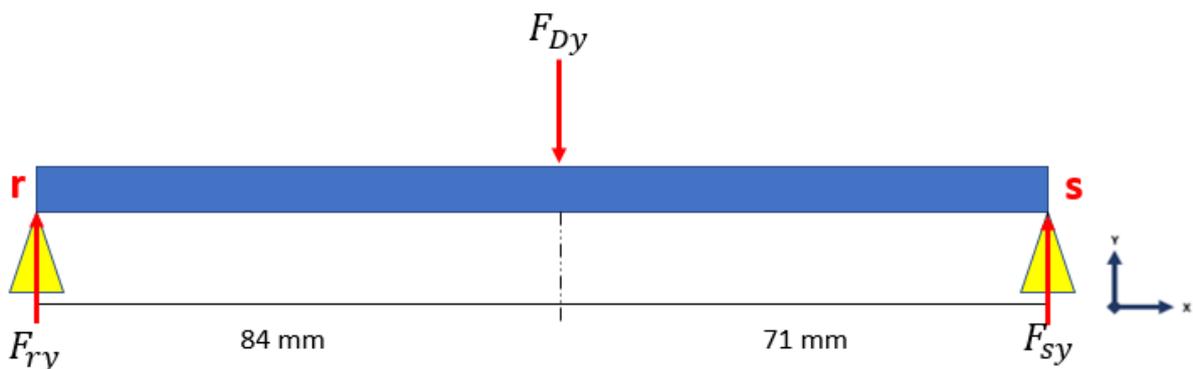
$$F_{ry} = \frac{F_{dy} * DS}{RS}$$

$$F_{ry} = \frac{(72,18) * (71)}{(155)} = 33,06N$$

$$F_{sy} = 72,18 - 33,06 = 39,12N$$

**Figura 79.**

*Cargas aplicadas sobre el eje en el plano (yx)*



**Nota.** Representación esquemática de las fuerzas aplicadas en el plano yx

### 3.5.3 Fuerza cortante y momento flector

Plano zx eje principal

- **SECCION RA**

$$\sum F_z = -F_{rz} - V = 0$$

$$V = -F_{rz} = -50,23N$$

$$\sum M = -F_{rz}(0 - X) + M = 0$$

$$M = -F_{rz}X = -50,23X$$

- **SECCION RD**

$$\sum F_z = -F_{rz} + F_{az} - V = 0$$

$$V = -F_{rz} + F_{az}$$

$$V = -50,23 + 47,52 = -2,71N$$

$$\sum M = -F_{rz}(0 - X) + F_{az}(RA - X) + M = 0$$

$$M = -F_{rz}X + F_{az}X - (F_{az} * 26)$$

$$M = -50,23X + 47,52X - (47,52 * 0,026)$$

$$M = -2,71X - 1,2355$$

- **SECCION RS**

$$\sum F_z = -F_{rz} + F_{az} + F_{dz} - V = 0$$

$$V = -F_{rz} + F_{az} + F_{dz}$$

$$V = -50,23 + 47,52 + 23,33 = 20,61N$$

$$\sum M = -F_{rz}(0 - X) + F_{az}(RA - X) + F_{dz}(RD - X) + M = 0$$

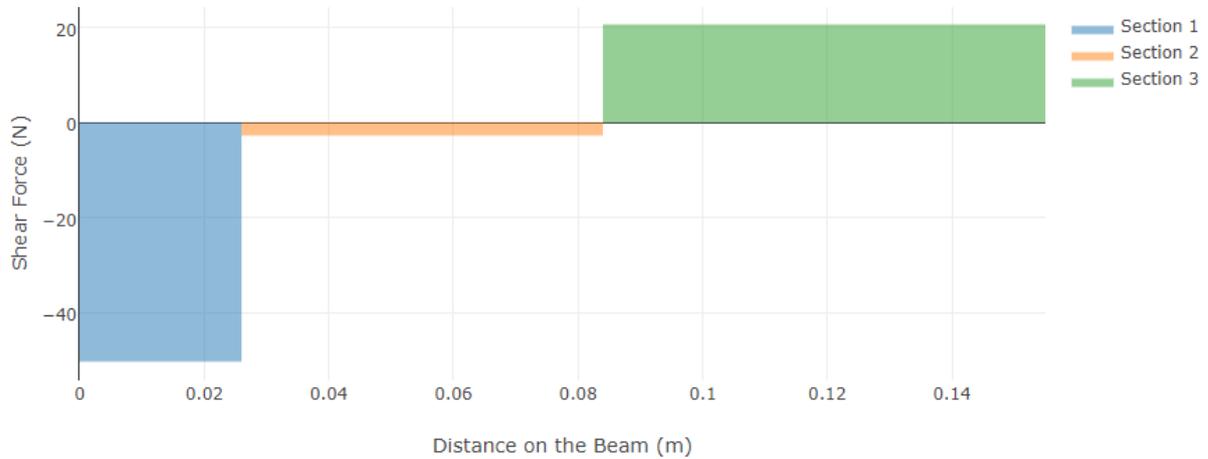
$$M = -F_{rz}X + F_{az}X + F_{dz}X - [(F_{az} * RA) - (F_{dz} * RD)]$$

$$M = -50,23X + 27,52X + 23,33X - [(47,52 * 0,026) + (23,33 * 0,084)]$$

$$M = 20,61X - 3,19$$

**Figura 80.**

*Fuerza cortante plano zx*

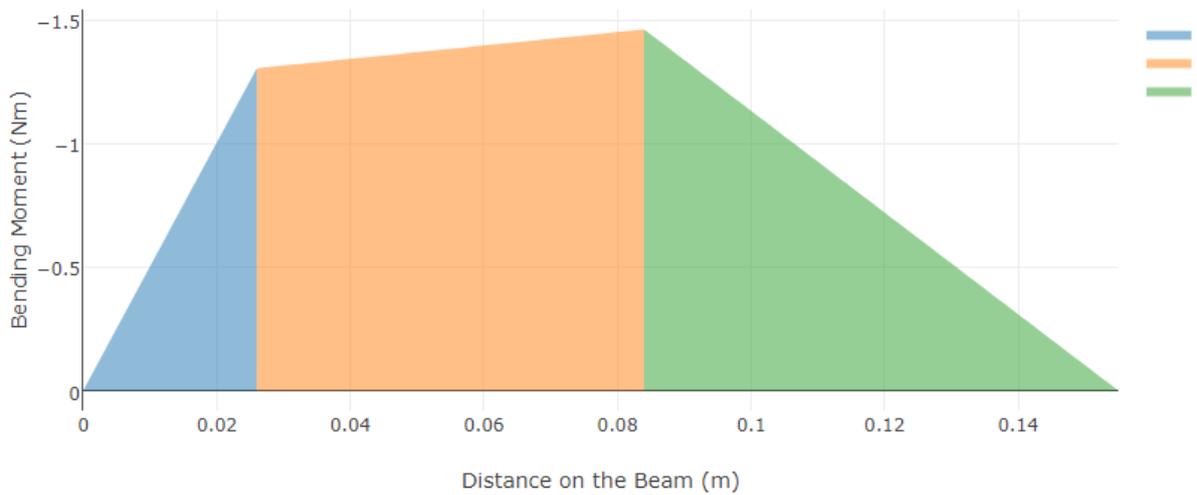


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano zx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 50,23N$$

**Figura 81.**

*Momento flector plano zx*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano zx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [en línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 1,46Nm$$

Plano (yx) eje principal

- **SECCION RD**

$$\sum F_y = F_{ry} - V = 0$$

$$V = F_{ry} = 33,06N$$

$$\sum M = F_{ry}(0 - X) + M = 0$$

$$M = F_{ry}X = 33,06X$$

- **SECCION RS**

$$\sum F_y = F_{ry} - F_{dy} - V = 0$$

$$V = F_{ry} - F_{dy} = 33,06 - 72,18 = -39,11N$$

$$\sum M = F_{ry}(0 - X) - F_{dy}(RD - X) + M = 0$$

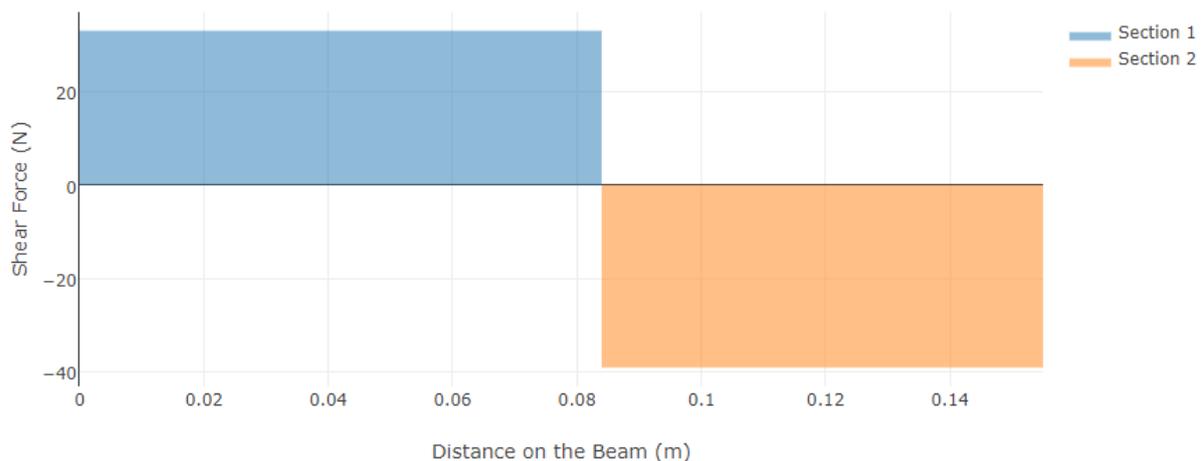
$$M = F_{ry}X - F_{dy}X + (F_{dy} * RD)$$

$$M = 33,06X - 72,18X + (72,18 * 0,084)$$

$$M = -39,11X + 6,06$$

**Figura 82.**

*Fuerza cortante plano yx eje principal*

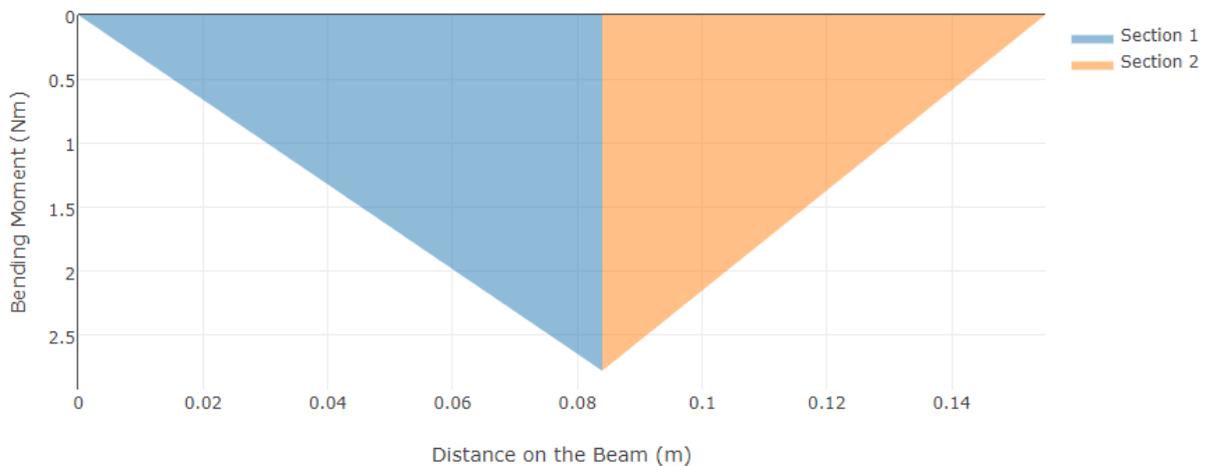


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [en línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 39,11N$$

**Figura 83.**

*Momento flector plano yx eje principal*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 2,777Nm$$

### 3.5.4 Diámetro del eje

Para la fabricación del eje es necesario conocer el diámetro óptimo que cumpla con el factor de seguridad evitando fallos y logrando que este pueda realizar un número de ciclos superiores a  $10^6$ . Para esto es necesario determinar las cargas a las cuales se somete el eje, esta determinación se podrá observar en este capítulo en el apartado 3.4.3; además es necesario seleccionar un material que cumpla con las especificaciones requeridas.

**Tabla 31.**

*Propiedades Acero Inoxidable AISI 302*

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Esfuerzo último	860/125	MPa/KSI
Esfuerzo de fluencia	655/95	MPa/KSI
Modulo elástico	190	GPa
Densidad	7920	Kg/m <sup>3</sup>

**Nota** En esta tabla se muestran las propiedades mecánicas del Nylon 6. Elaborado a partir de: F. P. Beer, E. R. J. Johnston y P. J. Cornwell, Mecánica Vectorial para Ingenieros, México: Mc GRAW-HILL.

### 3.5.4.a Diámetro del eje

Para determinar el diámetro del eje se utiliza el criterio de ED-Goodman, es necesario realizar estimaciones de las constantes de corrección. [39]

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left( \frac{2(K_f M_a)}{S_e} + \frac{[3(K_{fs} T_m)^2]^{\frac{1}{2}}}{S_{ut}} \right) \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$n$ : Factor de seguridad

$K_f$ : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga

$M_a$ : Momento flector medio

$S_e$ : Limite de resistencia a la fatiga

$K_{fs}$ : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga cortante

$T_m$ : Par de torsión medio

$S_{ut}$ : Esfuerzo último del material

- Factor de seguridad: Para diseño de ejes en acero y de mayor transmisión de potencia se recomienda como mínimo un factor de seguridad de 1,5
- Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{1,46^2 + 2,77^2}$$

$$M_a = 3,13Nm$$

- Par de torsión medio: es el momento generado por la carga tangencial transmitida entre los engranajes del eje. Se obtiene multiplicando la carga transmitida entre los engranajes por el radio del engranaje.

$$T_m = W_{ab}^t * r$$

$$T_m = 23,76N * 0,042m = 0,9979Nm$$

- Los factores de concentración de esfuerzo y fatiga,  $K_f$  y  $K_{fs}$  Se asumen como los factores  $K_t$  y  $K_{ts}$  respectivamente, y se estiman mediante la siguiente tabla, asumiendo como filete de hombro bien rodeado

**Tabla 32.**

*Determinación de los factores  $K_f$  y  $K_{fs}$*

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ( $r/d = 0.02$ )	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ( $r/d = 0.1$ )	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ( $r/d = 0.02$ )	2.14	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

*Nota.* Esta tabla muestra los factores  $K_f$  y  $K_{fs}$  para la mayoría de apoyos en ejes. Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

$$K_t = 1,7$$

$$K_f = 1,7$$

$$K_{ts} = 1,5$$

$$K_{fs} = 1,5$$

- Límite de resistencia a la fatiga: se calcula mediante la ecuación de Marín.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$$

Donde:

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina en geometría y condición de uso.

$K_a$ : Factor de modificación por condición superficial.

$K_b$ : Factor de modificación por tamaño

$K_c$ : Factor de modificación por carga.

$K_d$ : Factor de modificación por temperatura

$K_e$ : Factor de confiabilidad

$K_f$ : Factor de modificación por efectos varios

$S_e'$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Estimación de los factores:

$$K_a = a S_{ut}^b$$

**Tabla 33.**

*Parámetros en el factor de la condición de Marín*

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{utr}$ , kpsi	$S_{utr}$ , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

**Nota.** Esta tabla muestra los factores a y b según sea la condición superficial del material para el cálculo de  $K_a$ . Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

Asumiendo que el acabado superficial del eje es maquinado o laminado en frío.

$$K_a = (4,51)(860)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,75$$

$$K_b = 1$$

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1$$

$$K_e = 1$$

$$K_f = 1$$

$$S'_e = (0,5)S_{ult}$$

$$S'_e = (0,5)(860MPa) = 430MPa$$

$$S_e = (0,75)(430MPa) = 322,5MPa$$

$$d = \left\{ \frac{(16)(1,5)}{\pi} \left( \frac{(2)(1,7)(3,13)}{322,5 \times 10^6} + \frac{[3(1,5 * 0,9979)^2]^{\frac{1}{2}}}{860 \times 10^6} \right) \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,00650m \approx 7mm$$

Se fabricarán ejes con diámetro de 7mm según la ecuación de ED-Goldman.

### 3.5.4.b Esfuerzos

- Esfuerzo normal por momento flector

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

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} = \frac{\pi * (0,007)^4}{64} = 1,17 \times 10^{-10}$$

M: Momento flector de la sección

c: Radio del eje

I: Momento de inercia

$\sigma MF$ : Esfuerzo normal por momento flector

(zx): Esfuerzo normal por momento flector en el plano zx

(yx): Esfuerzo normal por momento flector en el plano yx

Reemplazando los momentos flectores en los planos zx, yx; con diámetro de 7mm en la anterior ecuación.

$$\sigma_{(zx)} = \frac{1,46 * 0,0035}{1,17x10^{-10}}$$

$$\sigma_{(yx)} = \frac{2,77 * 0,0035}{1,17x10^{-10}}$$

$$\sigma_{(zx)} = 43,67MPa$$

$$\sigma_{(yx)} = 82,86MPa$$

- Esfuerzos cortantes

$$\tau = \frac{T * c}{J}$$

$$J = \frac{\pi * d^4}{32} = \frac{\pi * (0,007)^4}{32} = 2,35x10^{-10}$$

T: Torque

c: Radio del eje

J: Momento polar de inercia

$\tau$ : Esfuerzo cortante

Reemplazando el torque del eje, con diámetro de 7mm en la anterior ecuación

$$\tau = \frac{0,9979 * 0,0035}{2,35x10^{-10}}$$

$$\tau = 14,86MPa$$

- Esfuerzos combinados

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

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (0,007)^2}{4} = 3,84x10^{-5}m^2$$

V: Fuerza cortante máxima

A: Área transversal del eje

Reemplazando la fuerza cortante máxima en los planos zx, yx; con diámetro de 7mm en la anterior ecuación.

$$\tau_{(zx)} = \frac{50,23}{3,84 \times 10^{-5}}$$

$$\tau_{(yx)} = \frac{39,11}{3,84 \times 10^{-5}}$$

$$\tau_{(zx)} = 1,308 \text{MPa}$$

$$\tau_{(yx)} = 1,02 \text{MPa}$$

### 3.5.4.c Concentraciones de esfuerzos.

- Factores de corrección

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1)$$

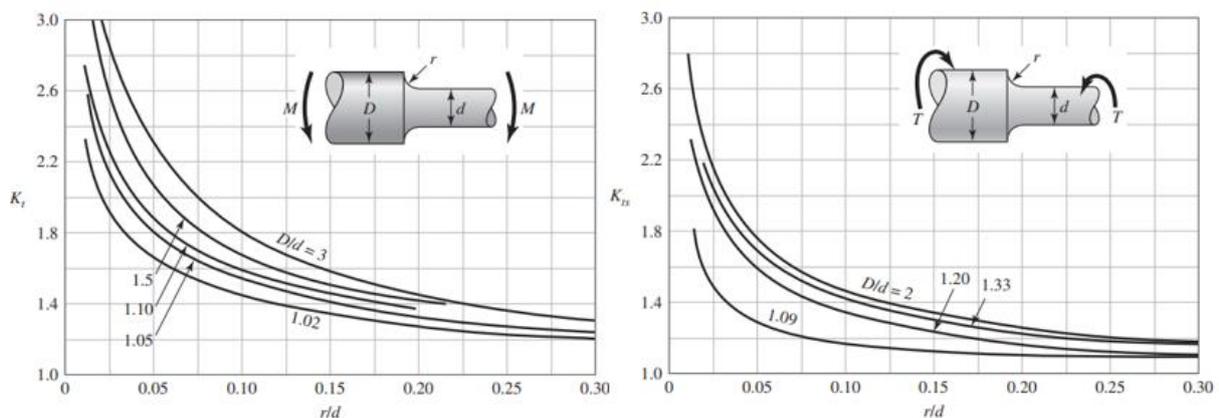
Donde:

$$\begin{aligned} D &= 7,2 \text{mm} \\ d &= 7 \text{mm} \\ r &= 0,35 \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D/d &= 1,02 \text{mm} \\ r/d &= 0,05 \text{mm} \end{aligned}$$

**Figura 84.**

Factor  $K_t$  y  $K_{ts}$



**Nota.** Determinación del factor  $K_t$  y  $K_{ts}$  en eje redondo con filete de hombro en flexión. Tomado: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

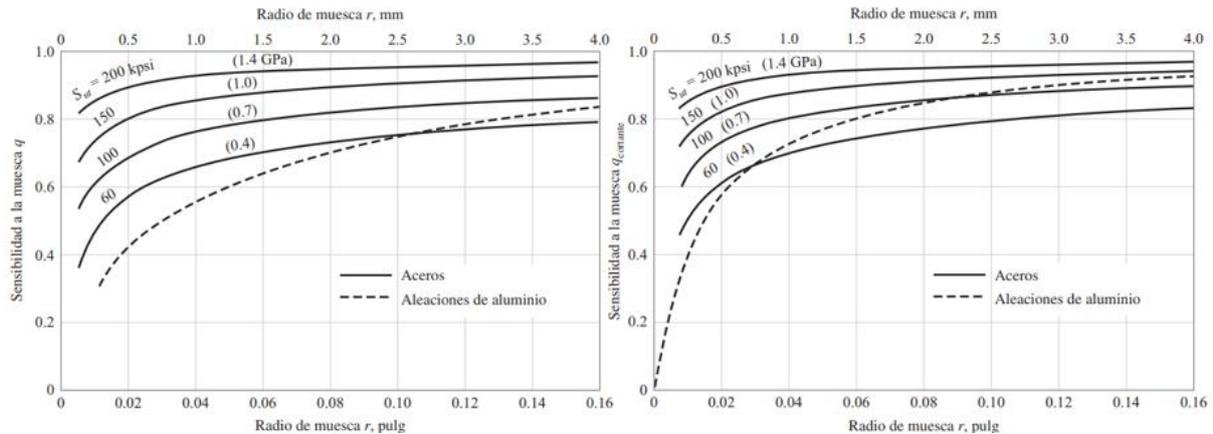
Según las gráficas utilizando los valores de  $D/d$  y  $r/d$ .

$$K_t = 1,65$$

$$K_{ts} = 1,3$$

**Figura 85.**

*Sensibilidad a la muesca q*



**Nota:** Determinación de la sensibilidad a la muesca q y q cortante. Tomado: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

Según las gráficas utilizando los valores de r y esfuerzo último del material.

$$q = 0,88$$

$$q_{cortante} = 0,83$$

Reemplazando

$$K_f = 1 + 0,88(1,65 - 1) = 1,572$$

$$K_{fs} = 1 + 0,83(1,3 - 1) = 1,249$$

- Esfuerzo normal máximo

$$\sigma_{m\acute{a}x} = K_f \sigma_0$$

$$\sigma_{m\acute{a}x(zx)} = 1,572 * 43,67$$

$$\sigma_{m\acute{a}x(yx)} = 1,572 * 82,86$$

$$\sigma_{m\acute{a}x(zx)} = 68,64MPa$$

$$\sigma_{m\acute{a}x(yx)} = 130,25MPa$$

- Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{m\acute{a}x} = K_f \tau_0$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 1,572 * 14,86$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 23,35MPa$$

- Límite de resistencia a la fatiga: nuevamente se calcula el límite de resistencia a la fatiga modificando los factores que se pueden obtener conociendo el radio del eje.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S_e'$$

- Factor de modificación por condición superficial se halló anteriormente

$$K_a = 0,75$$

- Factor de modificación por tamaño se determina mediante la siguiente imagen. Utilizando la tercera formula en la tabla y reemplazando por el diámetro utilizado en milímetros.

**Tabla 34.**

*Factor de tamaño*

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Nota** Obtención del factor de tamaño según el diámetro del eje. Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, Mexico, D.F.: Mc Graw Hill, 2008

$$K_b = 1,24d^{-0,107}$$

$$K_b = 1,24(7)^{-0,107} = 1,02$$

- Factor de modificación por carga

**Tabla 35.**

*Factor de modificación por carga*

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Nota.** Obtención del factor de modificación por carga según tipo de carga a la que se somete el eje. Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

$$K_c = 0,59$$

- El factor de modificación por temperatura se asume como uno.

$$K_d = 1$$

- Factor de confiabilidad del 95%
- El factor de modificación por efectos varios puede tomarse entre el rango de 0,24 a 0,90, para este caso se usará 0,90

$$K_f = 0,90$$

- Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria se había calculado anteriormente.

$$S'_e = 430MPa$$

**Tabla 36.**

*Factor de confiabilidad*

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Nota.** Esta tabla representa el factor de modificación de carga según la confiabilidad esperada, además también se observa la variación de la transformación en función del porcentaje de confiabilidad. Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

$$K_e = 0,897$$

Se calcula nuevamente el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte superior de la maquina en la geometría y condición de uso.

$$S_e = (0,75)(1,02)(0,59)(0,897)(0,9)(430MPa) = 156,68MPa$$

3.5.4.d Determinación de numero de ciclos

$$N = \left(\frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{a}\right)^{\frac{1}{b}}$$

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} = \frac{((0,815)(860))^2}{(156,68)} = 3135,4$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{f_{sut}}{S_e} = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{(0,815)(860)}{(156,68)}\right) = -0,2168$$

Donde:

$N$ : Numero de ciclos hasta la falla

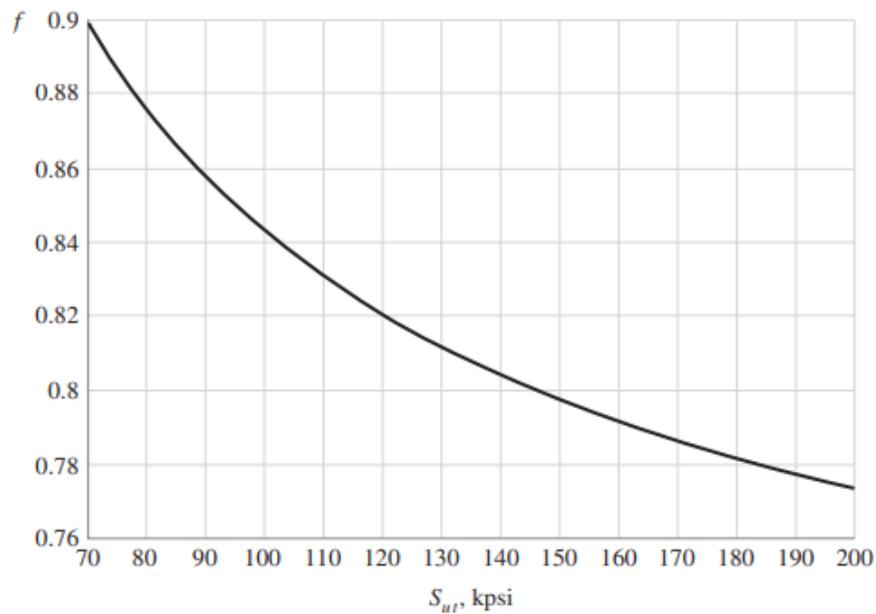
$\sigma_{m\acute{a}x}$ : Esfuerzo normal máximo

$f$ : Fracción de resistencia a la fatiga.

Convirtiendo los 860Mpa a KSI para poder utilizar el valor del esfuerzo último se obtiene el factor  $f = 0,815$

**Tabla 37.**

*Fracción de resistencia a la fatiga*



**Nota.** Determinación de la fracción de resistencia a la fatiga según el esfuerzo último del material. Tomado de: R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: Mc Graw Hill, 2008.

$$N_{(zx)} = \left( \frac{68,64}{3135,4} \right)^{-0,2168} = 45,24 \times 10^6 \text{ Ciclos}$$

$$N_{(yx)} = \left( \frac{130,25}{3135,4} \right)^{-0,2168} = 2,35 \times 10^6 \text{ Ciclos}$$

Utilizando la ecuación de ED-Goodman mencionada anteriormente, una vez ya obtenido el diámetro del eje y demás de los factores, se puede despejar el factor de seguridad y calcular el factor real para este diseño.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(3,13))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

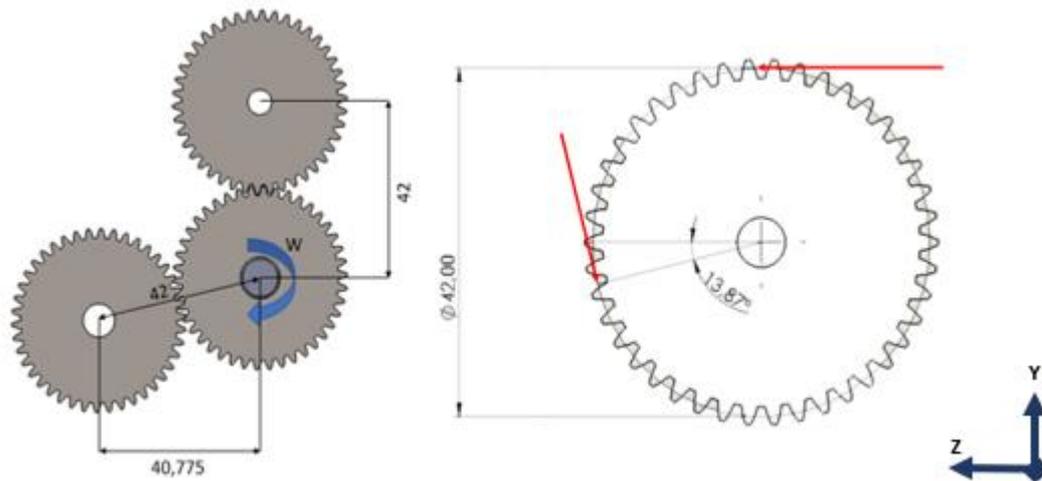
$$n = 1,1$$

### 3.5.5 Factor de seguridad eje B

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 86.**

*Cargas transmitidas sobre el engranaje B*



*Nota.* En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje B y sus cargas

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376 \text{KN} = 23,76 \text{N}$$

$$F_{ba}^t = F_{ab}^t = F_{bf}^t = 23,76 \text{N}$$

$$F_{ba}^r = F_{bf}^r = F_{ba}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64 \text{N}$$

$$F_{bfz}^t = F_{bf}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69 \text{N}$$

$$F_{bfy}^t = F_{bf}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06 \text{N}$$

$$F_{bfz}^r = F_{bf}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38 \text{N}$$

$$F_{bfy}^r = F_{bf}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07 \text{N}$$

$$\sum F_y = F_{by} + F_{bfy}^r - F_{ba}^r - F_{bfy}^t = 0$$

$$\sum F_z = F_{bfz}^t + F_{bfz}^r + F_{bz} - F_{ba}^t = 0$$

$$F_{by} = -F_{bfy}^r + F_{ba}^r + F_{bfy}^t$$

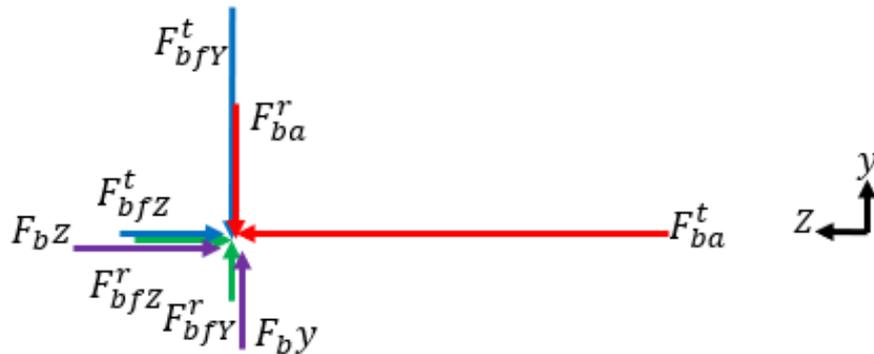
$$F_{by} = -2,07 \text{N} + 8,64 \text{N} + 23,06 \text{N} = 29,63 \text{N}$$

$$F_{bz} = F_{ba}^t - F_{bfz}^r - F_{bfz}^t$$

$$F_{bz} = 23,76 \text{N} - 8,38 \text{N} - 5,69 \text{N} = 9,69 \text{N}$$

**Figura 87.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje B*

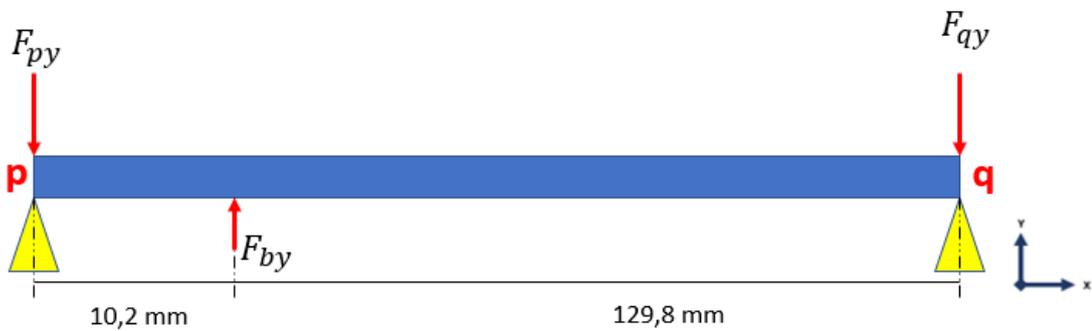


*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje B

**Figura 88.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje B*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje B visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{by} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,140m) - (F_{by} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{by} - F_{py}$$

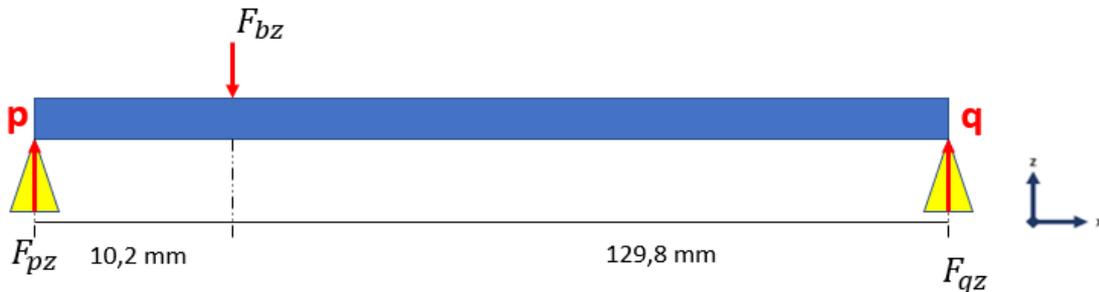
$$F_{py} = \frac{F_{by} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{29,63N * 0,1298m}{0,140m} = 27,47N$$

$$F_{qy} = 29,63N - 27,47N = 2,16N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje B

**Figura 89.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje B*



*Nota:* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje B visto desde el plano zx.

$$\sum F_z = -F_{bz} + F_{pz} + F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = -(F_{pz} * 0,140m) + (F_{bz} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qz} = F_{bz} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{bz} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{9,69N * 0,1298m}{0,140m} = 8,98N$$

$$F_{qz} = 9,69N - 8,98N = 0,71N$$

- Fuerza cortante y momento flector

**Plano yx eje B**

- **SECCION PO**

$$\sum F_y = -F_p y - V = 0$$

$$V = -F_p y = -27,47N$$

$$\sum M = -F_p y(0 - X) + M = 0$$

$$M = -F_p y X = -27,47X$$

- **SECCION OQ**

$$\sum F_y = -F_p y + F_b y - V = 0$$

$$V = -F_p y + F_b y$$

$$V = -27,47 + 29,63 = 2,16N$$

$$\sum M = -F_p y(0 - X) + F_b y(PO - X) + M = 0$$

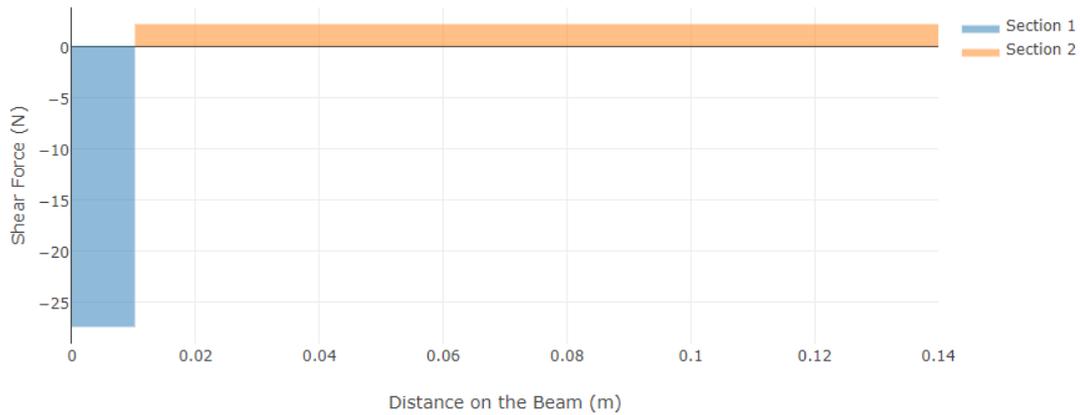
$$M = -F_p y X + F_b y X - (F_b y * PO)$$

$$M = -27,47X + 29,63X - (29,63 * 0,0102)$$

$$M = 2,16X - 0,3022$$

**Figura 90.**

*Fuerza cortante plano yx eje B*

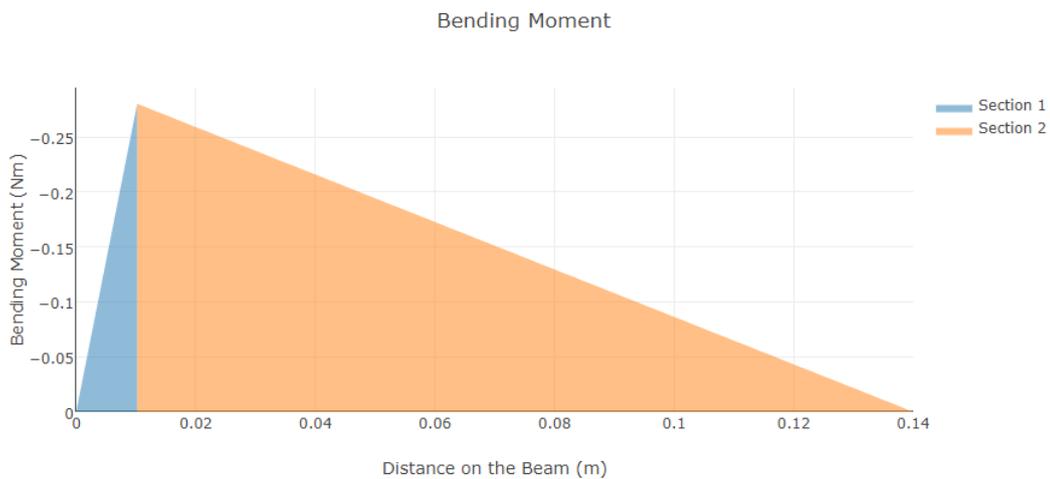


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [en línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 27,47N$$

**Figura 91.**

*Momento flector plano yx eje B*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,2802Nm$$

**Plano zx eje B**

• **SECCION PO**

$$\sum F_z = -F_p z - V = 0$$

$$V = F_p z = 8,98N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) - M = 0$$

$$M = F_p zX = 8,98X$$

• **SECCION OQ**

$$\sum F_z = -F_p z + F_b z - V = 0$$

$$V = F_p z - F_b z$$

$$V = 8,98 - 9,69 = -0,71N$$

$$\sum M = -F_p z(0 - X) + F_b z(PO - X) + M = 0$$

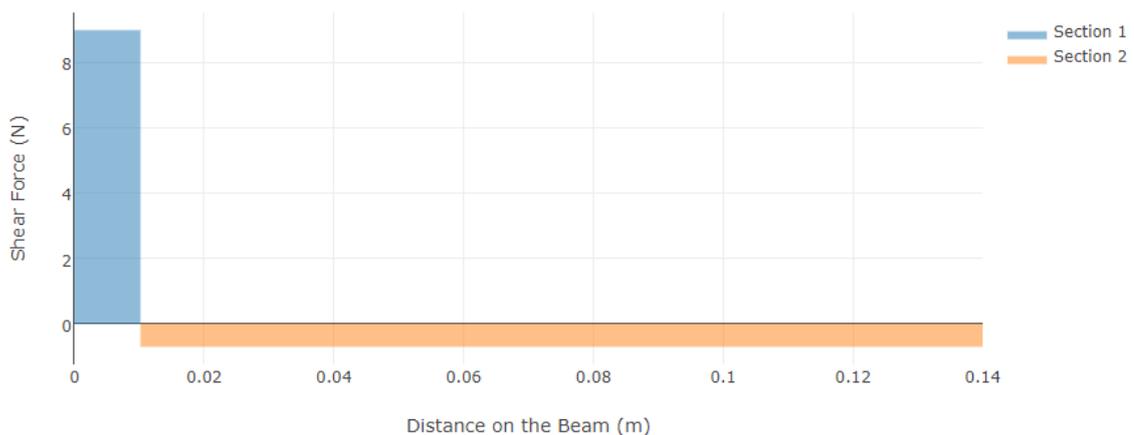
$$M = -F_p zX + F_b zX - (F_b z * PO)$$

$$M = 8,98X - 9,69X - (9,69 * 0,0102)$$

$$M = -0,71X + 0,0988$$

**Figura 92.**

*Fuerza cortante plano zx eje B*

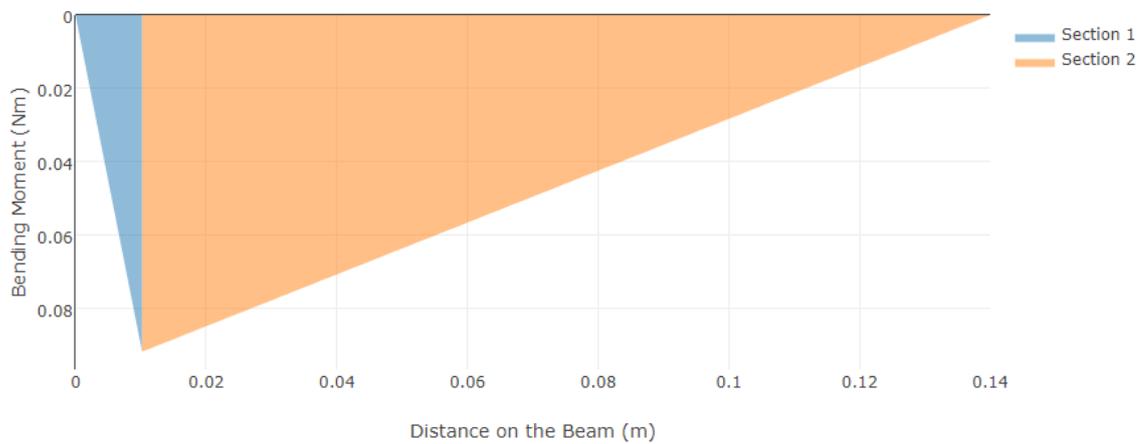


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 8,98N$$

**Figura 93.**

*Momento flector plano yx eje B*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,0916Nm$$

- Factor de seguridad para Eje B

Para facilitar el proceso de fabricación se pretende fabricar todos los ejes del mismo diámetro, por esta razón en el anterior paso se realizaron los cálculos para determinar el diámetro del eje más crítico o el que se somete a mayor cantidad de cargas. Sin embargo, teniendo como partida este dato para la fabricación de los demás ejes, se calcula el factor de seguridad teniendo en cuenta las cargas soportadas por el eje B. De esta manera se puede validar el diseño de los demás ejes.

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores  $K_f$  y  $K_{fs}$  se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,2802^2 + 0,0916^2}$$

$$M_a = 0,2947Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} [4((1,572)(0,2947))^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} [3((1,249)(0,9979))^2]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$n = 8$$

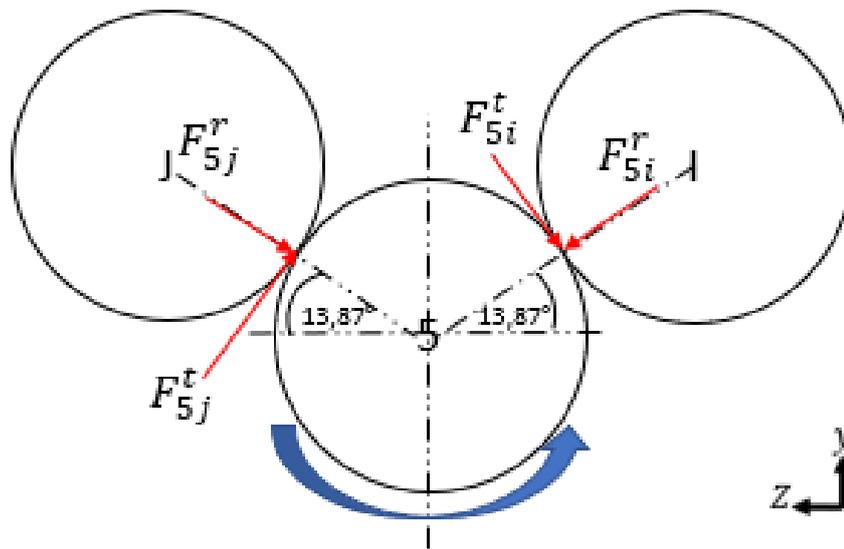
### 3.5.6 Factor de seguridad eje 1 y 5

Tanto para el eje 1 como para el eje 5 se asume el mismo análisis de cargas debido a que están sometidos a la misma magnitud de fuerzas y con la misma geometría.

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 94.**

*Cargas transmitidas sobre el engranaje 1 y 5*



**Nota.** En la figura se observan las cargas transmitidas de los engranajes al eje.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376 \text{KN} = 23,76 \text{N}$$

$$F_{5i}^t = F_{5j}^t = 23,76 \text{N}$$

$$F_{5i}^r = F_{5j}^r = F_{5j}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64 \text{N}$$

$$F_{5jz}^t = F_{5j}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69 \text{N}$$

$$F_{5jy}^t = F_{5j}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06 \text{N}$$

$$F_{5jz}^r = F_{5j}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38 \text{N}$$

$$F_{5jY}^r = F_{5j}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07N$$

$$F_{5iZ}^t = F_{5i}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69N$$

$$F_{5iY}^t = F_{5i}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06N$$

$$F_{5iZ}^r = F_{5i}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38N$$

$$F_{5iY}^r = F_{5i}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07N$$

$$\sum F_y = F_{5y} + F_{5jY}^t - F_{5jY}^r - F_{5iY}^r - F_{5iY}^t = 0$$

$$\sum F_z = F_{5z} + F_{5iZ}^r - F_{5iZ}^t - F_{5jZ}^r - F_{5jZ}^t = 0$$

$$F_{5y} = -F_{5jY}^t + F_{5jY}^r + F_{5iY}^r + F_{5iY}^t$$

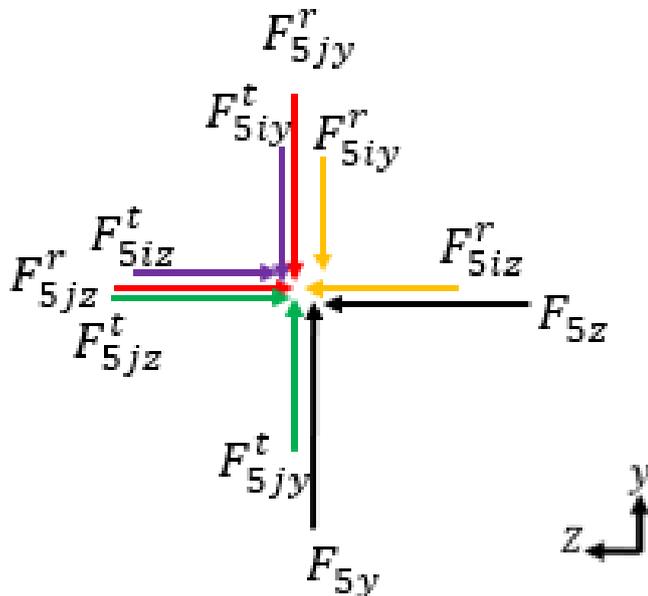
$$F_{5y} = -23,06N + 2,07N + 2,07N + 23,06N = 4,14N$$

$$F_{5z} = -F_{5iZ}^r + F_{5iZ}^t + F_{5jZ}^r + F_{5jZ}^t$$

$$F_{5z} = -8,38N + 5,69 + 8,38N + 5,69N = 11,38N$$

**Figura 95.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del eje 1 y 5*

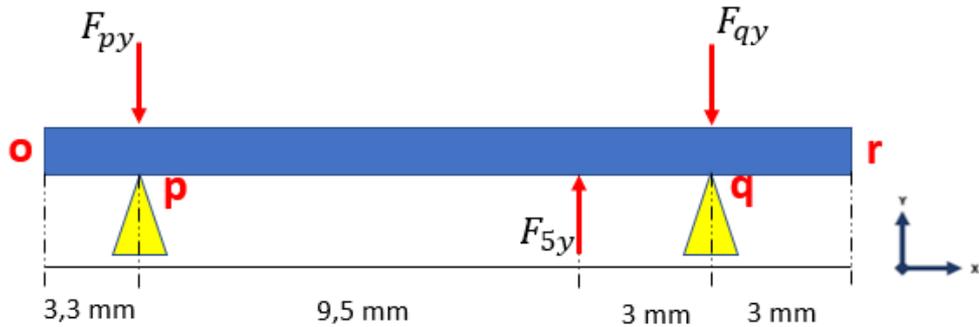


**Nota.** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje 1 y 5

**Figura 96.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 1 y 5*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 1 y 5 visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{5y} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,0125m) - (F_{5y} * 0,003m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{5y} - F_{py}$$

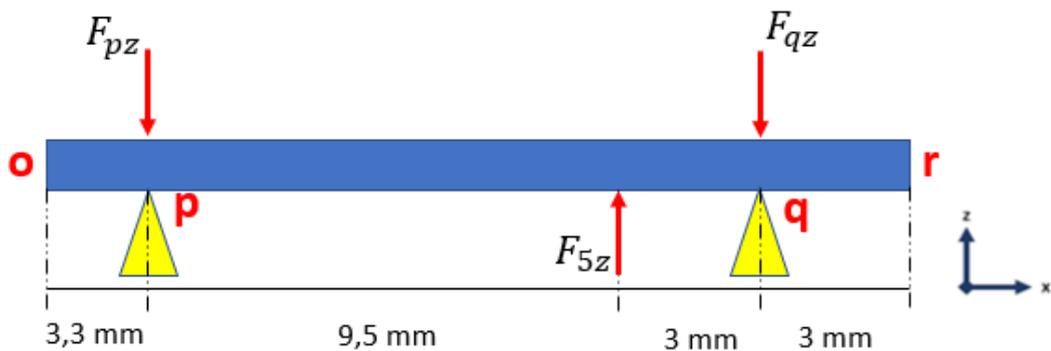
$$F_{py} = \frac{F_{5y} * 0,003m}{0,0125m} = \frac{4,14N * 0,003m}{0,0125m} = 0,9936N$$

$$F_{qy} = 4,14 - 0,9936N = 3,14N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje 1 y 5

**Figura 97.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 1 y 5*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 1 y 5 visto desde el plano zx.

$$\sum F_Z = F_{5z} - F_{pz} - F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = (F_p z * 0,0125m) - (F_5 z * 0,003m) = 0$$

$$F_q z = F_5 z - F_p z$$

$$F_p z = \frac{F_5 y * 0,003m}{0,0125m} = \frac{11,38N * 0,003m}{0,0125m} = 2,7312N$$

$$F_q z = 11,38N - 2,7312N = 8,64N$$

- Momento flector y fuerza cortante

### Plano yx eje 1 y 5

- **SECCION OP**

$$\sum F_y = -V = 0$$

$$V = 0N$$

$$\sum M = 0$$

$$M = 0$$

- **SECCION P5**

$$\sum F_y = F_p y + V = 0$$

$$V = -F_p y = -0,9936N$$

$$\sum M = F_p y(0,0033 - X) + M = 0$$

$$M = -0,9936X + 0,0033$$

- **SECCION 5Q**

$$\sum F_y = -F_p y + F_5 y - V = 0$$

$$V = F_5 y - F_p y$$

$$V = 4,14 - 0,9936 = 3,1464N$$

$$\sum M = F_p y(OP - X) - F_5 y(O5 - X) + M = 0$$

$$M = -0,9936X + 4,14X - [(4,14 * 0,0128) - (0,9936 * 0,003)]$$

$$M = 3,1464X - 0,0497$$

- **SECCION QR**

$$\sum F_y = -F_p y - F_q y + F_5 y - V = 0$$

$$V = F_5y - F_p y - F_q y$$

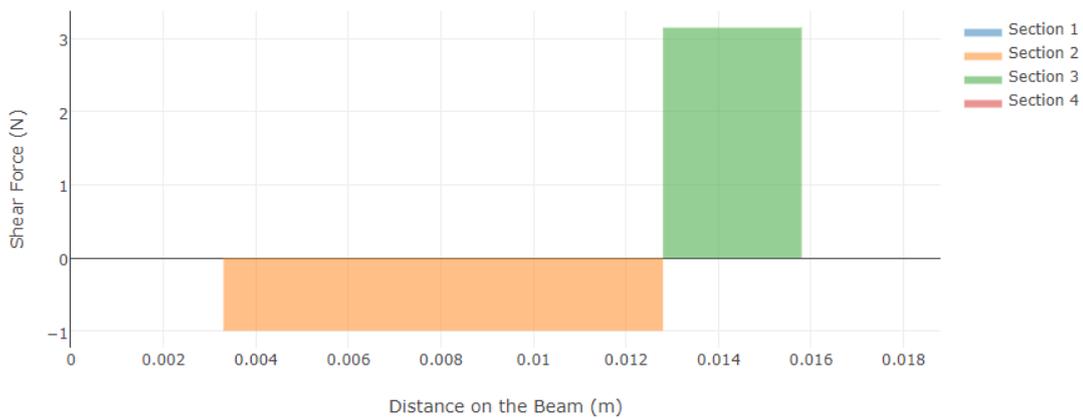
$$V = 4,14 - 0,9936 - 3,1463 = 0N$$

$$\sum M = F_p y(OP - X) - F_5 y(O5 - X) + F_q y(OQ - X) + M = 0$$

$$M = 0$$

**Figura 98.**

*Fuerza cortante plano yx eje 1 y 5*



**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 3,1464N$$

**Figura 99.**

*Momento flector plano yx eje 1 y 5*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,009439Nm$$

**Plano zx eje 1 y 5**

• **SECCION OP**

$$\begin{aligned}\sum F_z &= -V = 0 \\ V &= 0N \\ \sum M &= 0 \\ M &= 0\end{aligned}$$

• **SECCION P5**

$$\begin{aligned}\sum F_z &= F_p z + V = 0 \\ V &= -F_p z = -2,7312N \\ \sum M &= F_p z(0,0033 - X) + M = 0 \\ M &= -2,7312X + 0.009\end{aligned}$$

• **SECCION 5Q**

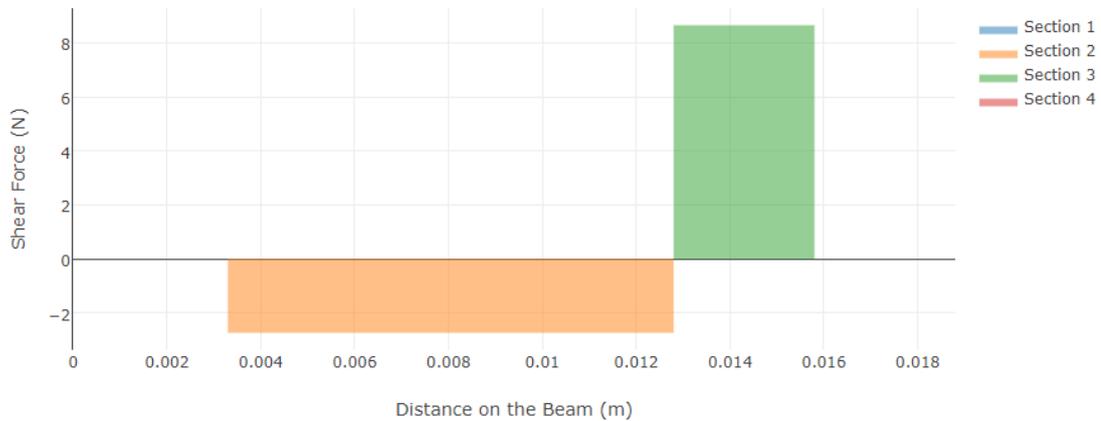
$$\begin{aligned}\sum F_z &= -F_p z + F_5 z - V = 0 \\ V &= F_5 z - F_p z \\ V &= 11,38 - 2,7312 = 8,64N \\ \sum M &= F_p z(OP - X) - F_5 z(O5 - X) + M = 0 \\ M &= -2,7312X + 11,38X - [(11,38 * 0,0128) - (2,7312 * 0,003)] \\ M &= 8,64X - 0,1367\end{aligned}$$

• **SECCION QR**

$$\begin{aligned}\sum F_z &= -F_p z - F_q z + F_5 z - V = 0 \\ V &= F_5 z - F_p z - F_q z \\ V &= 11,38 - 2,7312 - 8,64 = 0N \\ \sum M &= F_p z(OP - X) - F_5 z(O5 - X) + F_q z(OQ - X) + M = 0 \\ M &= 0\end{aligned}$$

**Figura 100.**

*Fuerza cortante plano zx eje 1 y 5*



**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 8,64N$$

**Figura 101.**

*Momento flector plano zx eje 1 y 5*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,02594Nm$$

- Factor de seguridad para Eje 1 y 5

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,009439^2 + 0,02594^2}$$

$$M_a = 0,25957Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} [4((1,572)(0,25957))^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} [3((1,249)(0,9979))^2]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

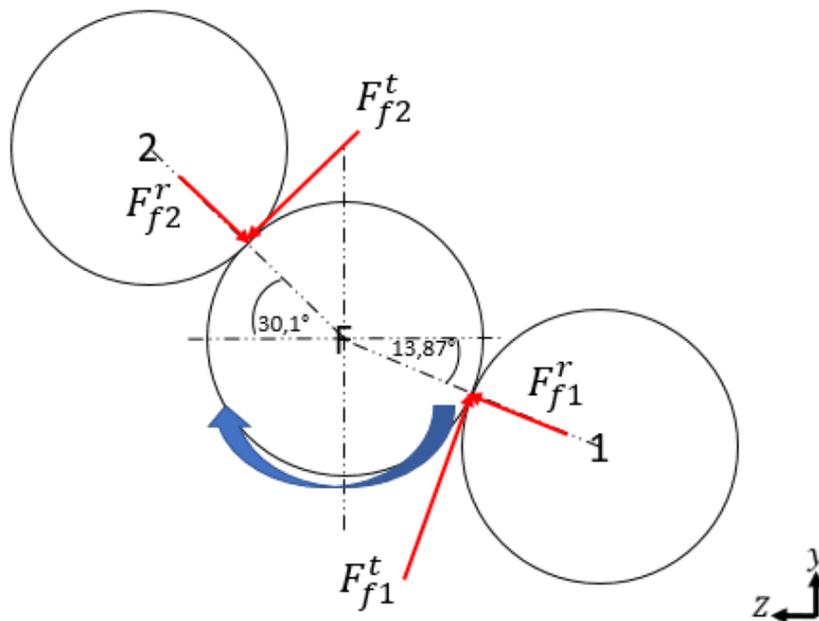
$$n = 8,72$$

### 3.5.7 Factor de seguridad eje F

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 102.**

*Sumatoria de fuerzas en el engranaje*



**Nota.** En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje F y sus cargas.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376KN = 23,76N$$

$$F_{f1}^t = F_{f2}^t = 23,76N$$

$$F_{f1}^r = F_{f2}^r = F_{f1}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64N$$

$$F_{f1z}^t = F_{f1}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69N$$

$$F_{f1y}^t = F_{f1}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06N$$

$$F_{f1z}^r = F_{f1}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38N$$

$$F_{f1y}^r = F_{f1}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07N$$

$$F_{f2z}^t = F_{f2}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91N$$

$$F_{f2y}^t = F_{f2}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55N$$

$$F_{f2z}^r = F_{f2}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47N$$

$$F_{f2y}^r = F_{f2}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33N$$

$$\sum F_y = -F_{fy} + F_{f1y}^r + F_{f1y}^t - F_{f2y}^r - F_{f2y}^t = 0$$

$$\sum F_z = -F_{fz} + F_{f2z}^t + F_{f1z}^r - F_{f1z}^t - F_{f2z}^r = 0$$

$$F_{fy} = F_{f1y}^r + F_{f1y}^t - F_{f2y}^r - F_{f2y}^t$$

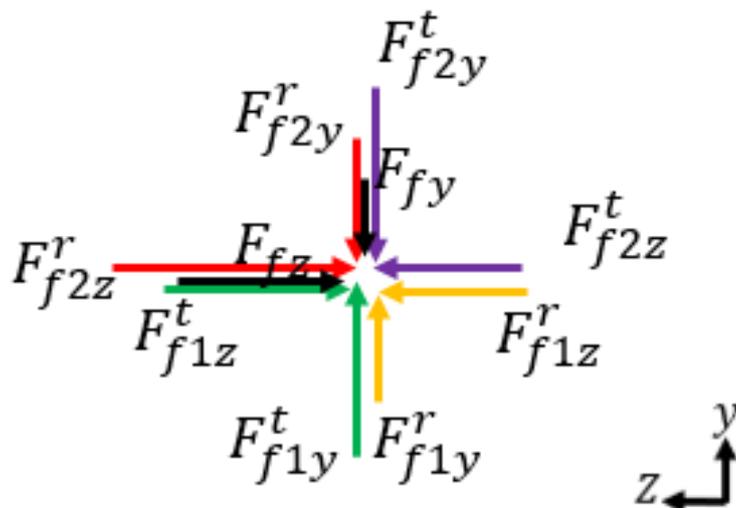
$$F_{fy} = 2,07N + 23,06N - 4,33N - 20,55N = 0,25N$$

$$F_{fz} = F_{f2z}^t + F_{f1z}^r - F_{f1z}^t - F_{f2z}^r$$

$$F_{fz} = 11,91N + 8,38N - 5,69N - 7,47N = 7,13N$$

**Figura 103.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje F*

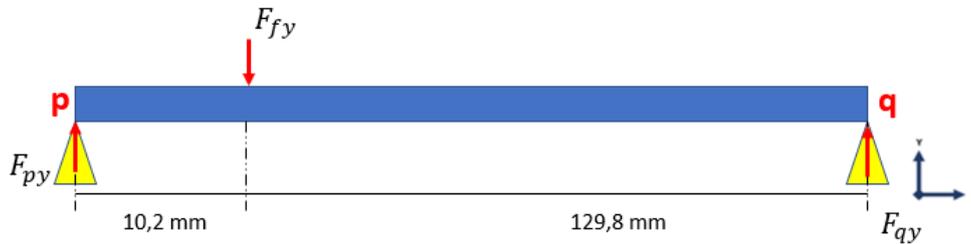


**Nota.** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje F

**Figura 104.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje F*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje F visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{fy} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,140m) - (F_{fy} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{fy} - F_{py}$$

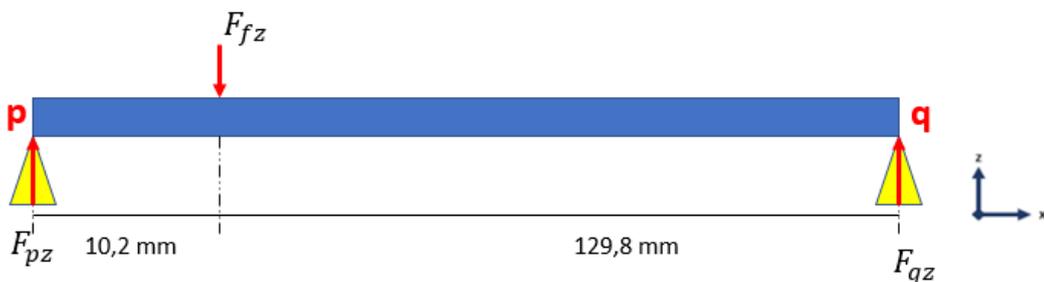
$$F_{py} = \frac{F_{fy} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{0,25N * 0,1298m}{0,140m} = 0,231N$$

$$F_{qy} = 0,25N - 0,231N = 0,019N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje F

**Figura 105.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje F*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje F visto desde el plano zx.

$$\sum F_Z = -F_{fz} + F_{pz} + F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = - (F_{pz} * 0,140m) + (F_{fz} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qz} = F_{fz} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{fz} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{7,13N * 0,1298m}{0,140m} = 6,61N$$

$$F_{qz} = 7,13N - 6,61N = 0,52N$$

- Fuerza cortante y momento flector

### Plano yx eje F

- SECCION PO

$$\sum F_y = F_p y - V = 0$$

$$V = -F_p y = -0,231N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) + M = 0$$

$$M = F_p y X = 0,231X$$

- SECCION OQ

$$\sum F_y = F_p y + F_f y - V = 0$$

$$V = F_p y + F_f y$$

$$V = 0,231 - 0,25 = 0,019N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_f y(PO - X) + M = 0$$

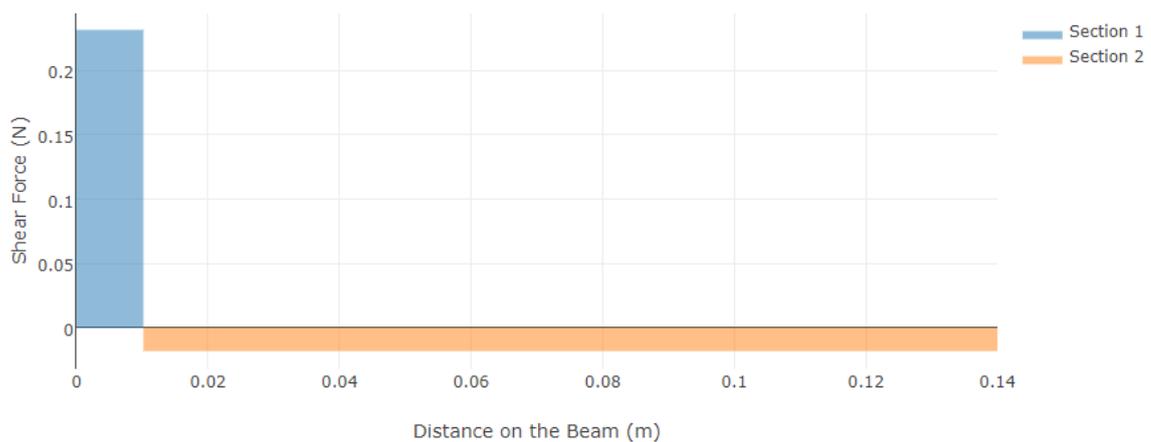
$$M = F_p y X - F_f y X + (F_f y * PO)$$

$$M = 0,231X - 0,25X + (0,25 * 0,0102)$$

$$M = -0,019X + 0,0026$$

**Figura 106.**

*Fuerza cortante plano yx eje F*

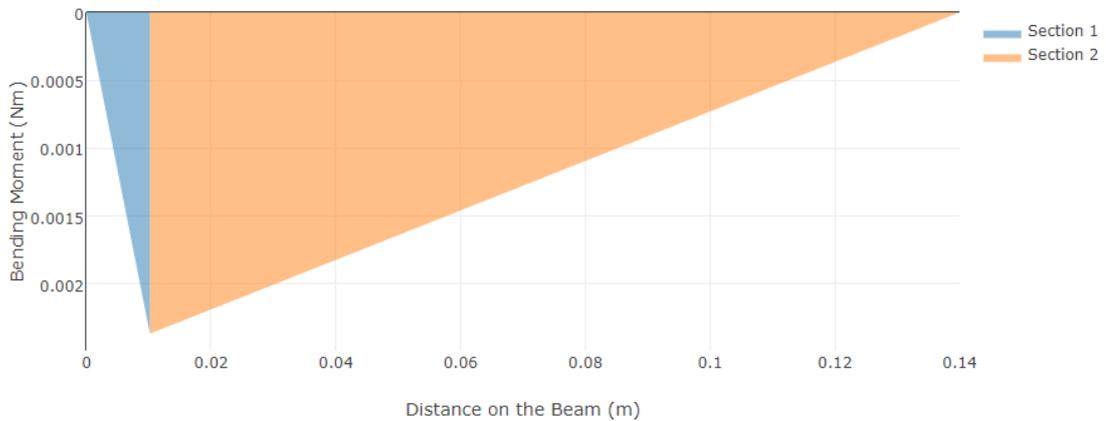


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 0,231N$$

**Figura 107.**

*Momento flector plano yx eje F*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,0023Nm$$

**Plano zx eje F**

- **SECCION PO**

$$\sum F_z = -F_pz - V = 0$$

$$V = F_pz = 6,61N$$

$$\sum M = F_pz(0 - X) - M = 0$$

$$M = F_pzX = 6,61X$$

- **SECCION OQ**

$$\sum F_z = -F_pz + F_fz - V = 0$$

$$V = F_pz - F_fz$$

$$V = 6,61 - 7,13 = -0,52N$$

$$\sum M = -F_pz(0 - X) + F_fz(PO - X) + M = 0$$

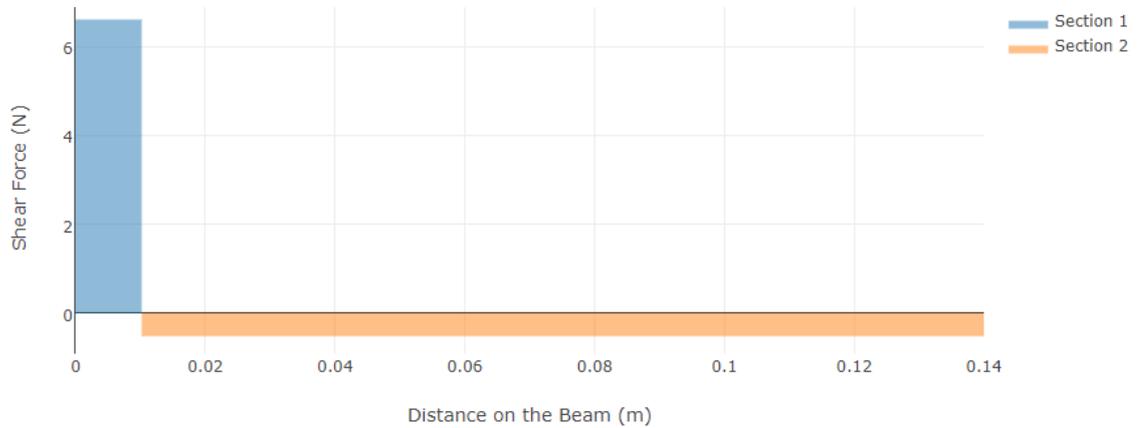
$$M = -F_pzX + F_bzX - (F_fz * PO)$$

$$M = 6,61X - 7,13X - (7,13 * 0,0102)$$

$$M = -0,52X + 0,0727$$

**Figura 108.**

*Fuerza cortante plano zx eje F*

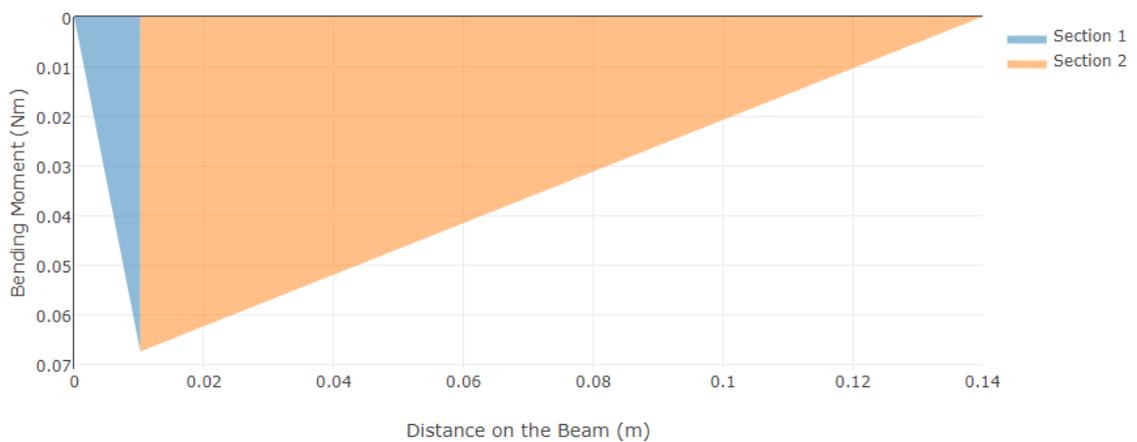


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 6,61N$$

**Figura 109.**

*Momento flector plano yx eje F*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,06742Nm$$

- Factor de seguridad para Eje F

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,0023^2 + 0,06742^2}$$

$$M_a = 0,06745Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} [4((1,572)(0,06745))^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} [3((1,249)(0,9979))^2]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$n = 17,5$$

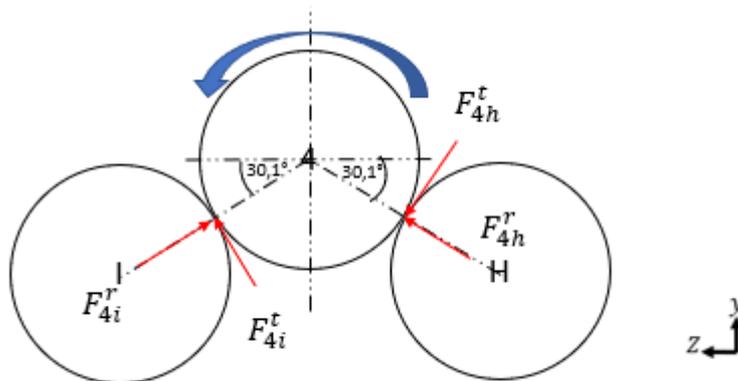
### 3.5.8 Factor de seguridad eje 2, 3 y 4

Tanto para el eje 2 como para el eje 3 y 4 se asume el mismo análisis de cargas debido a que están sometidos a la misma magnitud de fuerzas y con la misma geometría.

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 110.**

*Cargas transmitidas sobre el eje*



**Nota.** En la figura se observan las cargas transmitidas de los engranajes al eje.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376KN = 23,76N$$

$$F_{4h}^t = F_{4i}^t = 23,76N$$

$$F_{4i}^r = F_{4h}^r = F_{4h}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64N$$

$$F_{4hz}^t = F_{4h}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91N$$

$$F_{4hy}^t = F_{4h}^t \cos 30,1 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55N$$

$$F_{4hz}^r = F_{4h}^r \cos 30,1 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47N$$

$$F_{4hy}^r = F_{4h}^r \sin 30,1 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33N$$

$$F_{4iz}^t = F_{4i}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91N$$

$$F_{4iy}^t = F_{4i}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55N$$

$$F_{4iz}^r = F_{4i}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47N$$

$$F_{4iy}^r = F_{4i}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33N$$

$$\sum F_y = -F_{4y} - F_{4hy}^t + F_{4iy}^t + F_{4hy}^r + F_{4iy}^r = 0$$

$$\sum F_z = -F_{4z} + F_{4hz}^r + F_{4iz}^t + F_{4hz}^t - F_{4iz}^r = 0$$

$$F_{4y} = -F_{4hy}^t + F_{4iy}^t + F_{4hy}^r + F_{4iy}^r$$

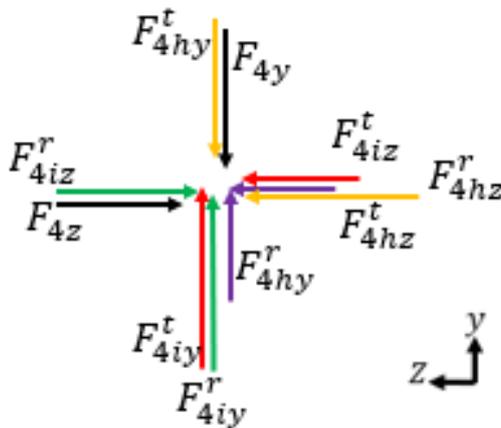
$$F_{4y} = -20,55N + 4,33N + 20,55N + 4,33N = 8,66N$$

$$F_{4z} = F_{4hz}^r + F_{4iz}^t + F_{4hz}^t - F_{4iz}^r$$

$$F_{4z} = 7,47N + 11,91N + 11,91 - 7,47 = 23,82N$$

**Figura 111.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del eje 4*

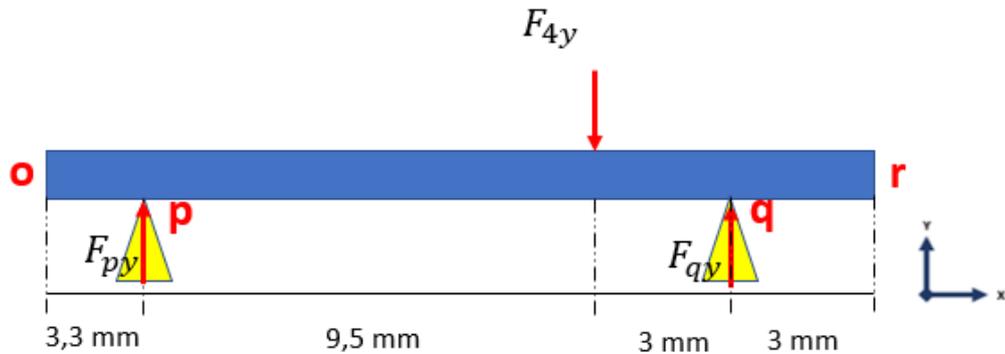


**Nota.** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje 2, 3 y 4

**Figura 112.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 2, 3 y 4*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 1 y 5 visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{4y} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = -(F_{py} * 0,0125m) + (F_{4y} * 0,003m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{4y} - F_{py}$$

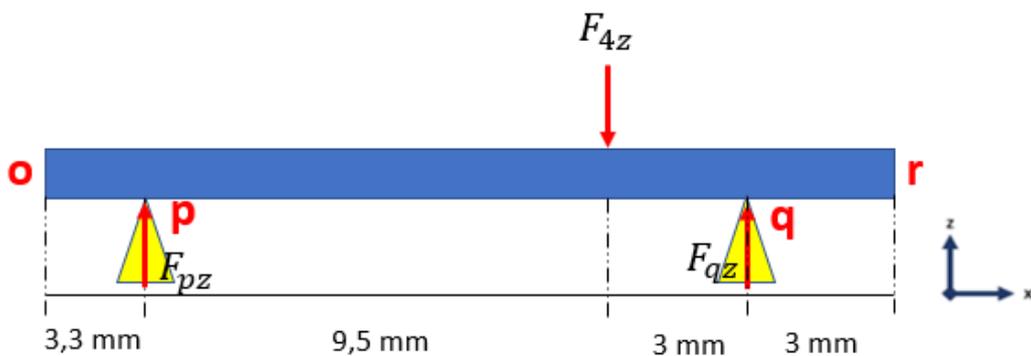
$$F_{py} = \frac{F_{4y} * 0,003m}{0,0125m} = \frac{8,66N * 0,003m}{0,0125m} = 2,0784N$$

$$F_{qy} = 8,66 - 2,0784N = 6,581N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje 2, 3 y 4

**Figura 113.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 2, 3 y 4*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 1 y 5 visto desde el plano zx.

$$\sum F_Z = F_{4z} - F_{pz} - F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = (F_p z * 0,0125m) - (F_4 z * 0,003m) = 0$$

$$F_q z = F_4 z - F_p z$$

$$F_p z = \frac{F_4 y * 0,003m}{0,0125m} = \frac{23,82N * 0,003m}{0,0125m} = 5,7168N$$

$$F_q z = 23,82N - 5,7168N = 18,10N$$

- Momento flector y fuerza cortante

**Plano yx eje 2, 3 y 4**

- **SECCION OP**

$$\sum F_y = -V = 0$$

$$V = 0N$$

$$\sum M = 0$$

$$M = 0$$

- **SECCION P4**

$$\sum F_y = F_p y - V = 0$$

$$V = F_p y = 2,0784N$$

$$\sum M = -F_p y(0,0033 - X) + M = 0$$

$$M = 2,0784X + 0,0069$$

- **SECCION 5Q**

$$\sum F_y = F_p y - F_4 y - V = 0$$

$$V = -F_4 y + F_p y$$

$$V = -8,66 + 2,0784 = 6,5816N$$

$$\sum M = F_p y(OP - X) - F_4 y(O4 - X) + M = 0$$

$$M = 2,0784X - 8,66X + [(8,66 * 0,0128) - (2,0784 * 0,003)]$$

$$M = -6,5816X + 0,104$$

- **SECCION QR**

$$\sum F_y = -F_p y - F_q y + F_5 y - V = 0$$

$$V = F_4y - F_p y - F_q y$$

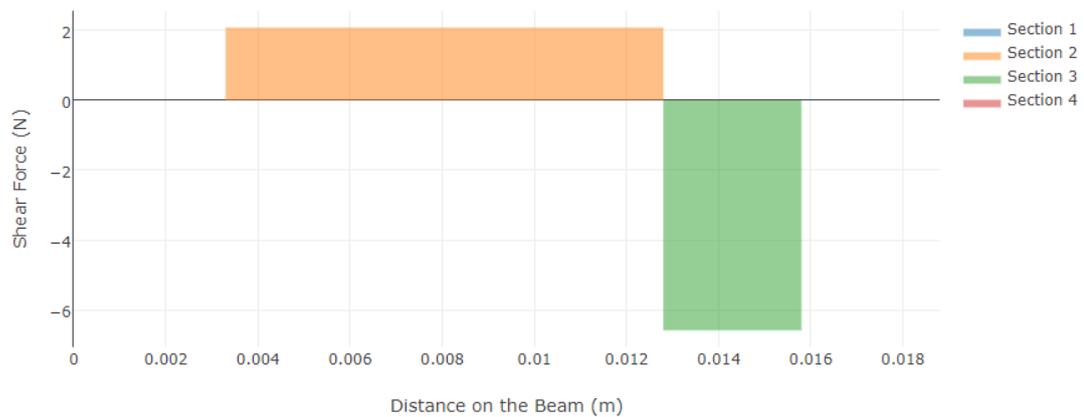
$$V = 8,66 - 2,0784 - 6,5816 = 0N$$

$$\sum M = F_p y(OP - X) - F_4 y(OA - X) + F_q y(OQ - X) + M = 0$$

$$M = 0$$

**Figura 114.**

*Fuerza cortante plano yx eje 2, 3 y 4*

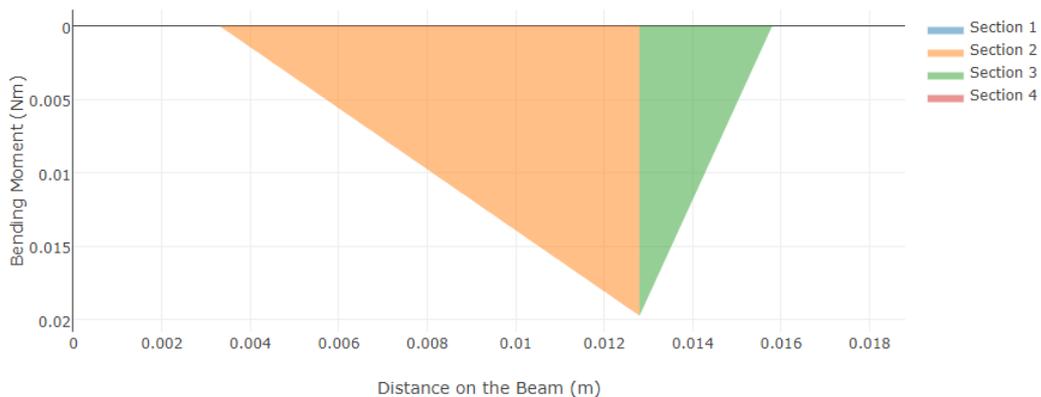


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 6,5816N$$

**Figura 115.**

*Momento flector plano yx eje 2, 3 y 4*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,019744Nm$$

Plano zx eje 2, 3 y 4

• SECCION OP

$$\begin{aligned}\sum F_z &= -V = 0 \\ V &= 0N \\ \sum M &= 0 \\ M &= 0\end{aligned}$$

• SECCION P5

$$\begin{aligned}\sum F_z &= F_p z - V = 0 \\ V &= F_p z = 5,7168N \\ \sum M &= F_p z(0,0033 - X) + M = 0 \\ M &= 5,7168X + 0.0189\end{aligned}$$

• SECCION 5Q

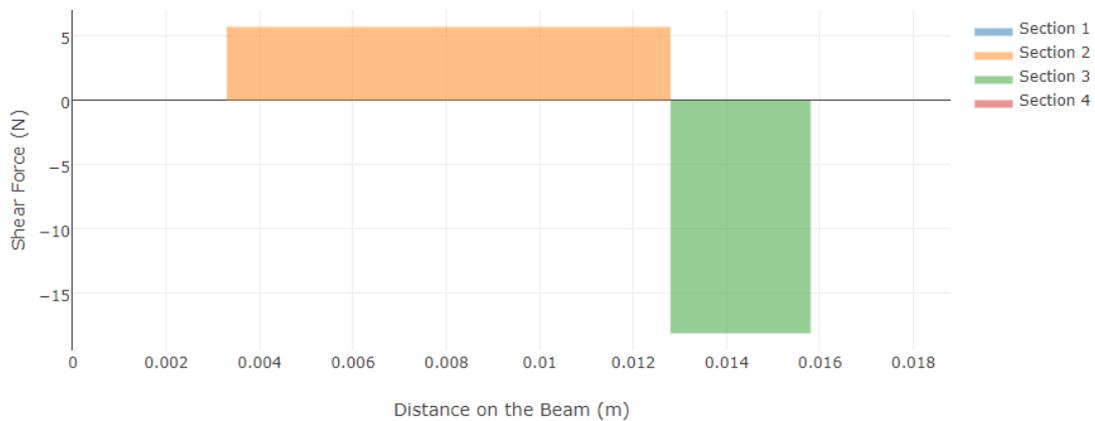
$$\begin{aligned}\sum F_z &= F_p z - F_4 z - V = 0 \\ V &= -F_4 z + F_p z \\ V &= -23,82 + 5,7168 = 18,1032N \\ \sum M &= F_p z(OP - X) - F_4 z(O4 - X) + M = 0 \\ M &= 5,7168X - 23,82X + [(23,82 * 0,0128) - (5,7168 * 0,003)] \\ M &= -18,1032X + 0,286\end{aligned}$$

• SECCION QR

$$\begin{aligned}\sum F_z &= -F_p z - F_q z + F_4 z - V = 0 \\ V &= F_4 z - F_p z - F_q z \\ V &= 23,82 - 5,7168 - 18,1032 = 0N \\ \sum M &= F_p z(OP - X) - F_4 z(O5 - X) + F_4 z(OQ - X) + M = 0 \\ M &= 0\end{aligned}$$

**Figura 116.**

*Fuerza cortante plano zx eje 2, 3 y 4*

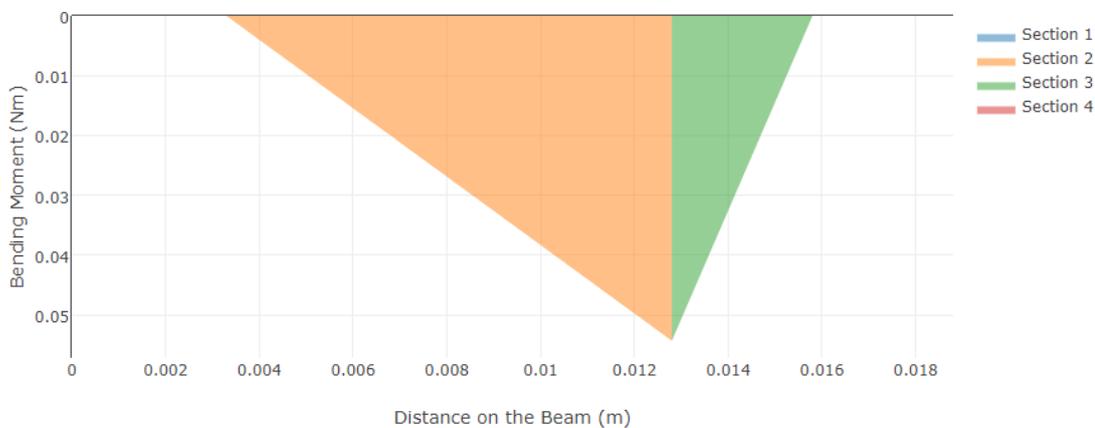


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 18,1032N$$

**Figura 117.**

*Momento flector plano zx eje 2, 3 y 5*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,05430Nm$$

- Factor de seguridad para Eje 2, 3 y 4

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,0019744^2 + 0,05430^2}$$

$$M_a = 0,0577Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} [4((1,572)(0,0577))^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} [3((1,249)(0,9979))^2]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$n = 18,4$$

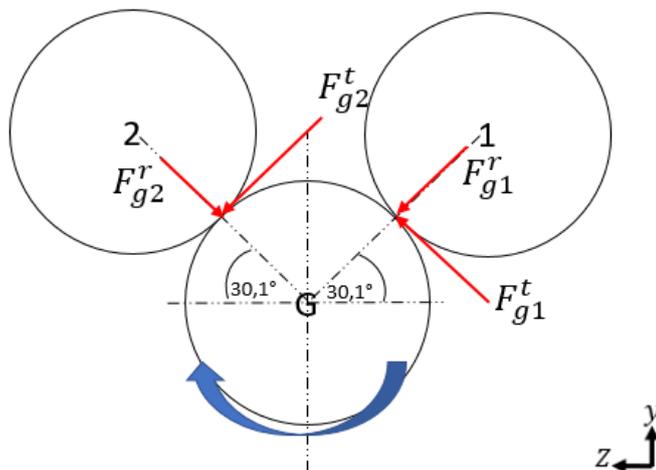
### 3.5.9 Factor de seguridad eje G y H

El factor de seguridad y cálculos para el eje H son iguales a los del eje G esto debido a que están sometidos a las mismas cargas con igualdad de magnitud y dimensiones. Teniendo en cuenta su geometría.

- Cargas transmitidas sobre el engranaje G y H

**Figura 118.**

*Cargas transmitidas sobre el engranaje*



**Nota.** En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje G y sus cargas.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376KN = 23,76N$$

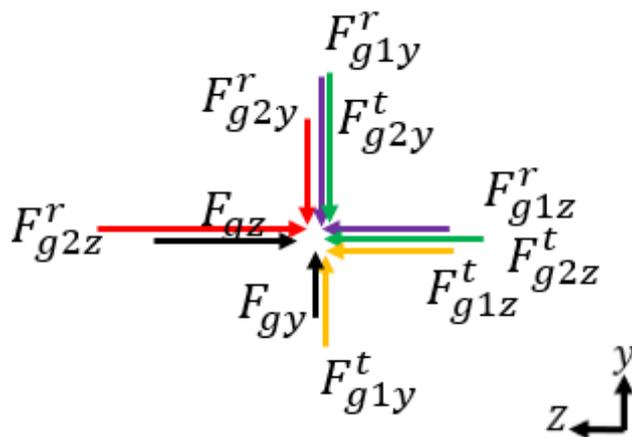
$$F_{g1}^t = F_{g2}^t = 23,76N$$

$$F_{g1}^r = F_{g2}^r = F_{g1}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64N$$

$$\begin{aligned}
F_{g1z}^t &= F_{g1}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91N \\
F_{g1y}^t &= F_{g1}^t \cos 30,1 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55N \\
F_{g1z}^r &= F_{g1}^r \cos 30,1 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47N \\
F_{g1y}^r &= F_{g1}^r \sin 30,1 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33N \\
F_{g2z}^t &= F_{g2}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91N \\
F_{g2y}^t &= F_{g2}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55N \\
F_{g2z}^r &= F_{g2}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47N \\
F_{g2y}^r &= F_{g2}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33N \\
\sum F_y &= F_{gy} - F_{g1y}^r + F_{g1y}^t - F_{g2y}^r - F_{g2y}^t = 0 \\
\sum F_z &= -F_{gz} + F_{g2z}^t + F_{g1z}^r + F_{g1z}^t - F_{g2z}^r = 0 \\
F_{gy} &= F_{g1y}^r - F_{g1y}^t + F_{g2y}^r + F_{g2y}^t \\
F_{gy} &= 4,33N - 20,55N + 4,33N + 20,55N = 8,66N \\
F_{gz} &= F_{g2z}^t + F_{g1z}^r + F_{g1z}^t - F_{g2z}^r \\
F_{gz} &= 11,91N + 7,47N + 11,91N - 7,47N = 23,82N
\end{aligned}$$

**Figura 119.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje G y H*

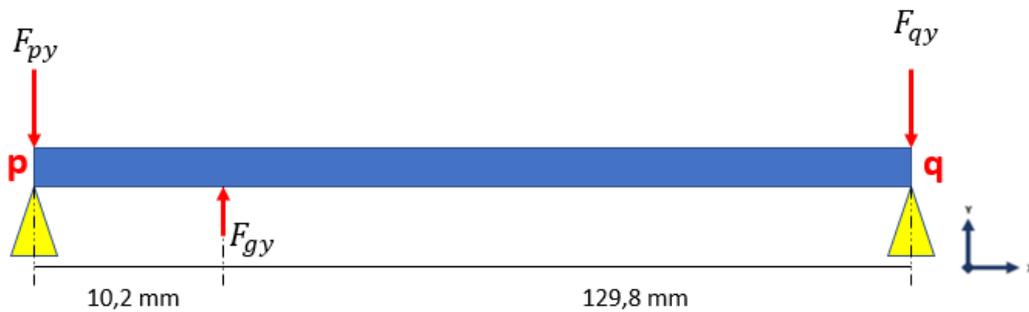


**Nota.** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje G y H

**Figura 120.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje G y H*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje G y H visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{gy} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,140m) - (F_{gy} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{fy} - F_{py}$$

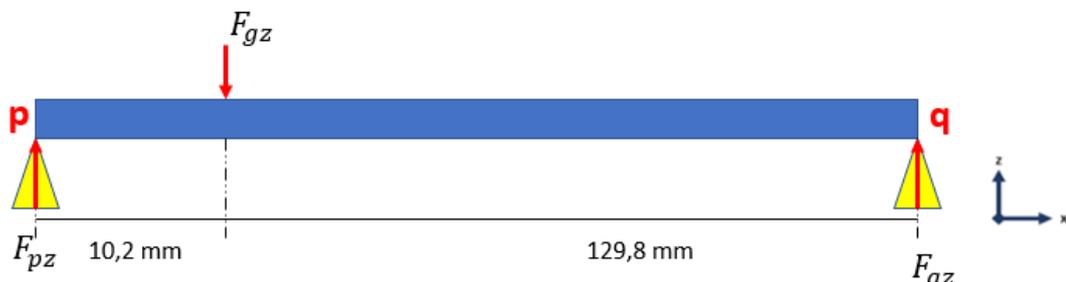
$$F_{py} = \frac{F_{gy} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{8,66N * 0,1298m}{0,140m} = 8,03N$$

$$F_{qy} = 8,66N - 8,03N = 0,63N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje G y H

**Figura 121.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje G y H*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje G visto desde el plano zx.

$$\sum F_Z = -F_{gz} + F_{pz} + F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = -(F_{pz} * 0,140m) + (F_{gz} * 0,1298m) = 0$$

$$F_qz = F_{gz} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{gz} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{23,82N * 0,1298m}{0,140m} = 22,08N$$

$$F_qz = 23,82N - 22,08N = 1,74N$$

- Fuerza cortante y momento flector

**Plano yx eje G y H**

- **SECCION PO**

$$\sum F_y = F_{py} - V = 0$$

$$V = -F_{py} = -8,03N$$

$$\sum M = F_{py}(0 - X) + M = 0$$

$$M = -F_{py}X = -8,03X$$

- **SECCION OQ**

$$\sum F_y = F_{py} + F_{gy} - V = 0$$

$$V = F_{py} + F_{gy}$$

$$V = 8,66 - 8,03 = 0,63N$$

$$\sum M = F_{py}(0 - X) - F_{gy}(PO - X) + M = 0$$

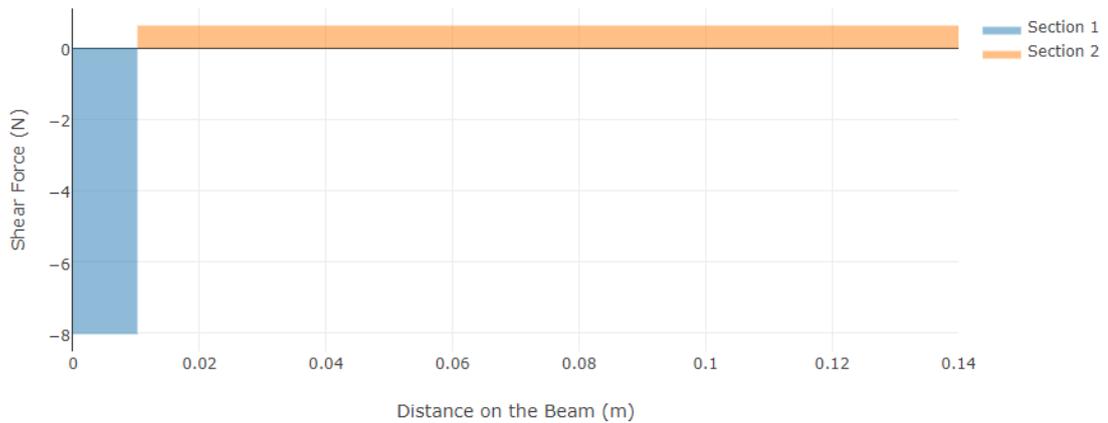
$$M = F_{py}X - F_{gy}X + (F_{gy} * PO)$$

$$M = -8,03X + 8,66X + (8,66 * 0,0102)$$

$$M = 0,63X + 0,0883$$

**Figura 122.**

*Fuerza cortante plano yx eje G y H*

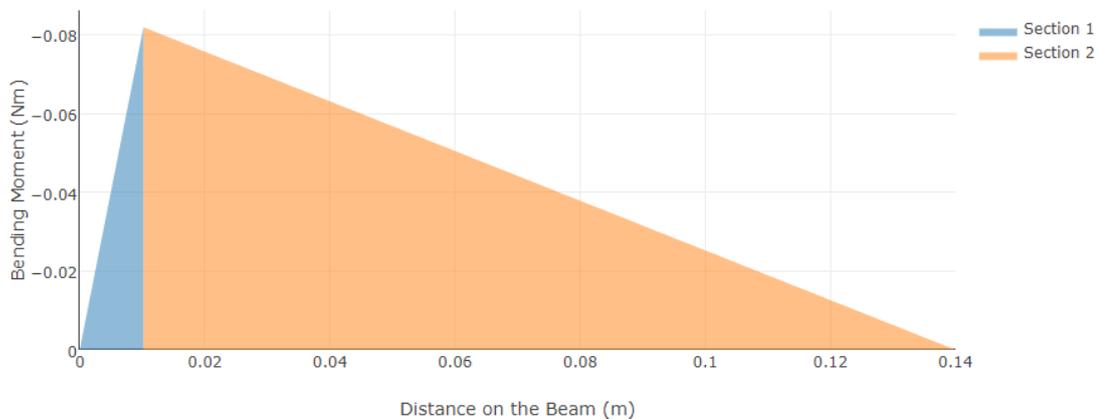


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 8,02N$$

**Figura 123.**

*Momento flector plano yx eje G y H*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,0818Nm$$

## Plano zx eje G y H

- SECCION PO

$$\sum F_z = -F_p z - V = 0$$

$$V = F_p z = 22,08N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) - M = 0$$

$$M = F_p z X = 22,08X$$

- SECCION OQ

$$\sum F_z = -F_p z + F_f z - V = 0$$

$$V = F_p z - F_f z$$

$$V = 22,08 - 23,82 = -1,74N$$

$$\sum M = -F_p z(0 - X) + F_g z(PO - X) + M = 0$$

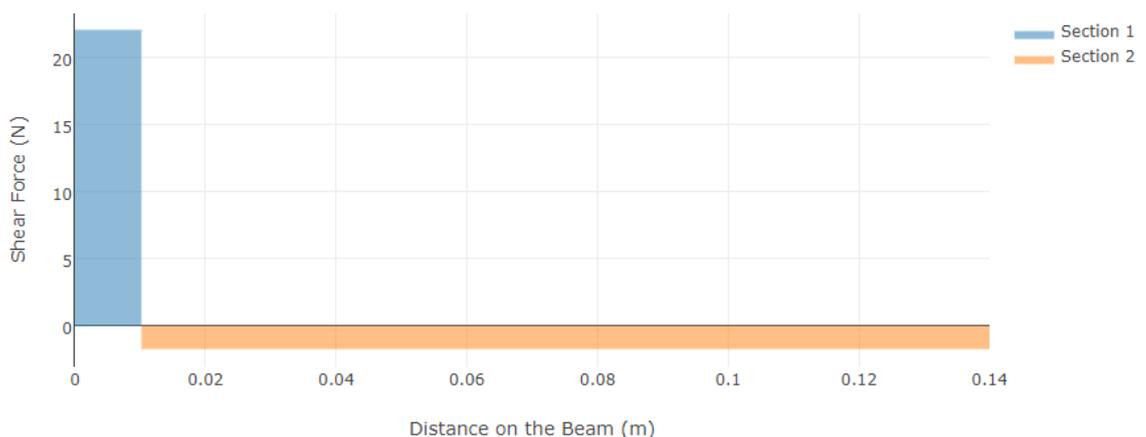
$$M = -F_p z X + F_b z X - (F_f z * PO)$$

$$M = 22,08X - 23,82X - (23,82 * 0,0102)$$

$$M = -1,74X + 0,243$$

**Figura 124.**

*Fuerza cortante plano zx eje G y H*

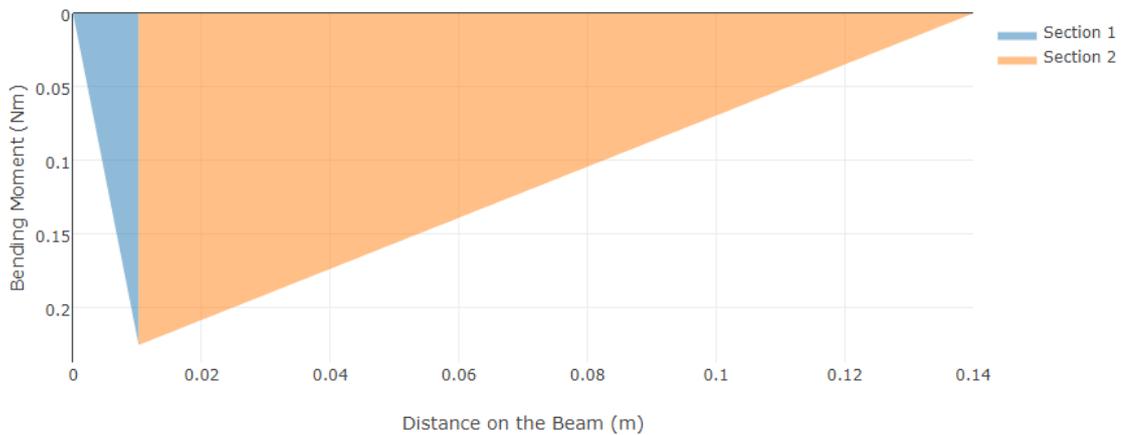


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 22,08N$$

**Figura 125.**

*Momento flector plano yx eje G y H*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,2252Nm$$

- Factor de seguridad para Eje G y H

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,0818^2 + 0,2252^2}$$

$$M_a = 0,23959Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(0,23959))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

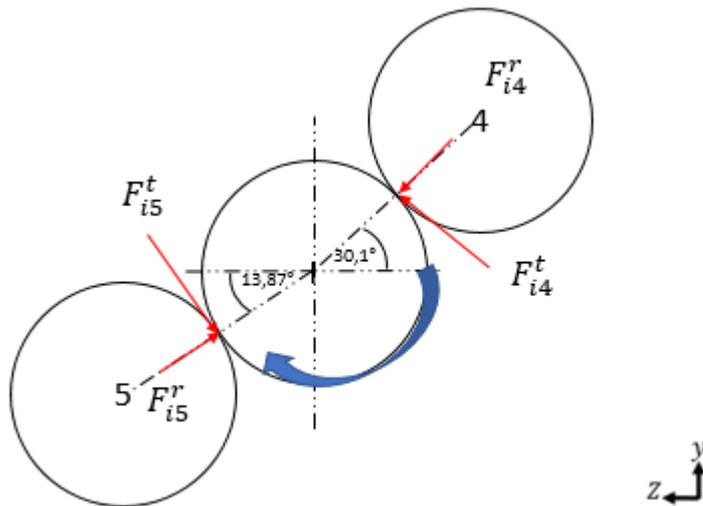
$$n = 9,3$$

### 3.5.10 Factor de seguridad eje I

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 126.**

*Sumatoria de fuerzas en el engranaje I*



**Nota.** En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje G y sus cargas.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376 \text{KN} = 23,76 \text{N}$$

$$F_{i5}^t = F_{i4}^t = 23,76 \text{N}$$

$$F_{i4}^r = F_{i5}^r = F_{i4}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64 \text{N}$$

$$F_{i5z}^t = F_{i5}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69 \text{N}$$

$$F_{i5y}^t = F_{i5}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06 \text{N}$$

$$F_{i5z}^r = F_{i5}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38 \text{N}$$

$$F_{i5y}^r = F_{i5}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07 \text{N}$$

$$F_{i4z}^t = F_{i4}^t \sin 30,1 = 23,76 \sin 30,1 = 11,91 \text{N}$$

$$F_{i4y}^t = F_{i4}^t \cos 30,1 = 23,76 \cos 30,1 = 20,55 \text{N}$$

$$F_{i4z}^r = F_{i4}^r \cos 30,1 = 8,64 \cos 30,1 = 7,47 \text{N}$$

$$F_{i4y}^r = F_{i4}^r \sin 30,1 = 8,64 \sin 30,1 = 4,33 \text{N}$$

$$\sum F_y = F_{iy} + F_{i5y}^r + F_{i4y}^t - F_{i4y}^r - F_{i5y}^t = 0$$

$$\sum F_z = -F_{iz} + F_{i4z}^t + F_{i4z}^r - F_{i5z}^t - F_{i5z}^r = 0$$

$$F_{iy} = -F_{i5y}^r - F_{i4y}^t + F_{i4y}^r + F_{i5y}^t$$

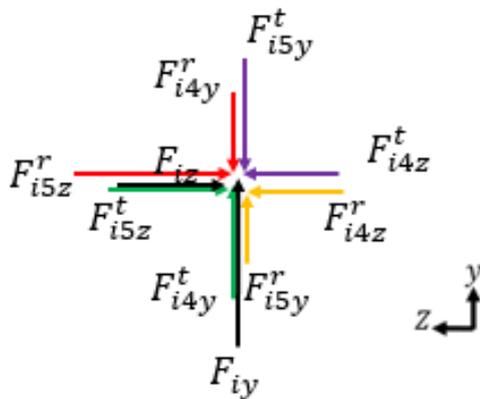
$$F_{iy} = -2,07N - 20,55N + 23,06N + 4,33N = 4,77N$$

$$F_{iz} = F_{i4z}^t + F_{i5z}^r - F_{i5z}^t - F_{i4z}^r$$

$$F_{iz} = 11,91N + 7,47 - 8,38N - 5,69N = 5,31N$$

**Figura 127.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje I*

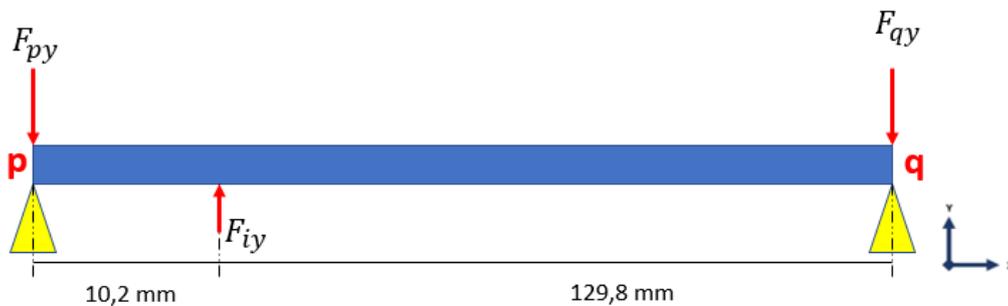


**Nota:** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje I

**Figura 128.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje I*



**Nota.** En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje G visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{iy} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,140m) - (F_{gy} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{iy} - F_{py}$$

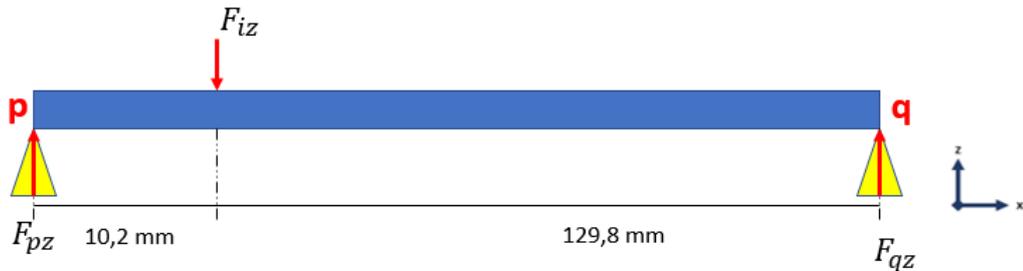
$$F_{py} = \frac{F_{iy} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{4,77N * 0,1298m}{0,140m} = 4,42N$$

$$F_{qy} = 4,77N - 4,42N = 0,35N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje I

**Figura 129.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje I*



**Nota.** En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje G visto desde el plano zx.

$$\sum F_Z = -F_{iz} + F_{pz} + F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = - (F_{pz} * 0,140m) + (F_{iz} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qz} = F_{gz} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{iz} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{5,31N * 0,1298m}{0,140m} = 4,92N$$

$$F_{qz} = 5,31N - 4,92N = 0,39N$$

- Fuerza cortante y momento flector

**Plano yx eje I**

- **SECCION PO**

$$\sum F_y = F_p y - V = 0$$

$$V = -F_p y = -4,42N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) + M = 0$$

$$M = -F_p yX = -4,42X$$

- **SECCION OQ**

$$\sum F_y = F_i y - F_p y - V = 0$$

$$V = F_i y - F_p y$$

$$V = 4,77 - 4,42 = 0,35N$$

$$\sum M = F_i y(0 - X) - F_p y(PO - X) + M = 0$$

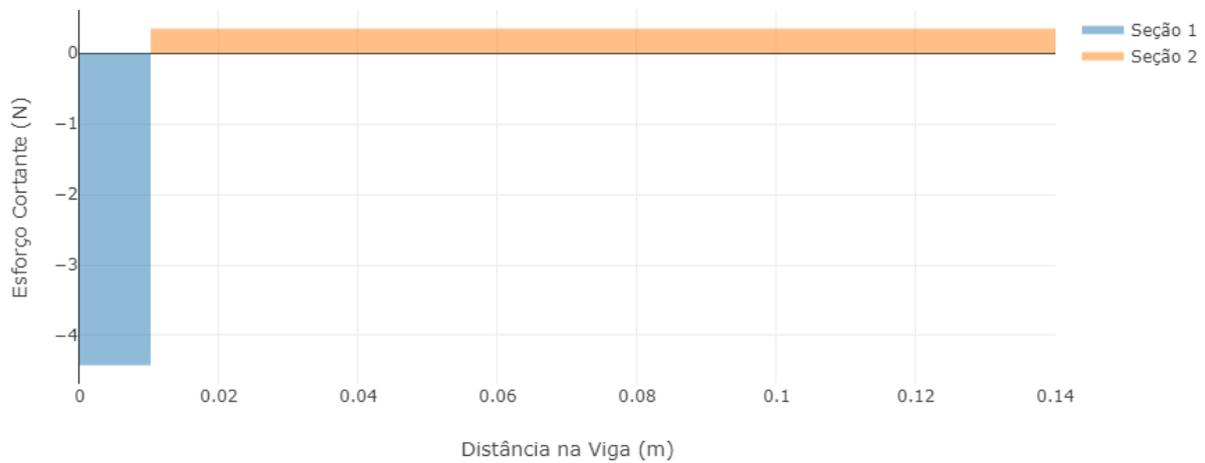
$$M = -F_i yX + F_p yX + (F_i y * PO)$$

$$M = -4,77X + 4,42X + (4,77 * 0,0102)$$

$$M = 0,35X + 0,0487$$

**Figura 130.**

*Fuerza cortante plano yx eje I*

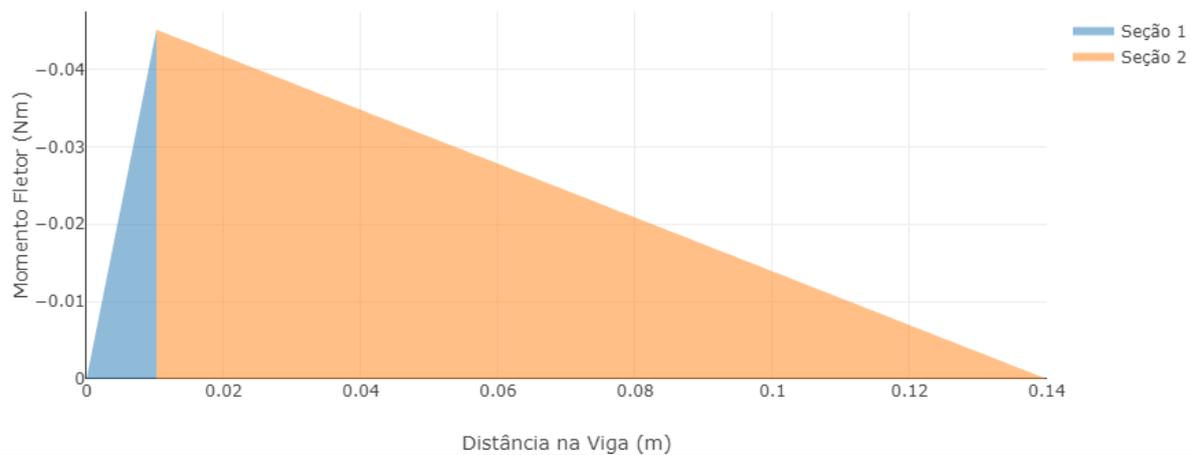


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 4,42N$$

**Figura 131.**

*Momento flector plano yx eje I*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,04510Nm$$

## Plano zx eje I

- SECCION PO

$$\sum F_z = -F_p z - V = 0$$

$$V = F_p z = 4,92N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) - M = 0$$

$$M = F_p z X = 4,92X$$

- SECCION OQ

$$\sum F_z = -F_p z + F_i z - V = 0$$

$$V = F_p z - F_i z$$

$$V = 4,92 - 5,31 = -0,39N$$

$$\sum M = -F_p z(0 - X) + F_i z(PO - X) + M = 0$$

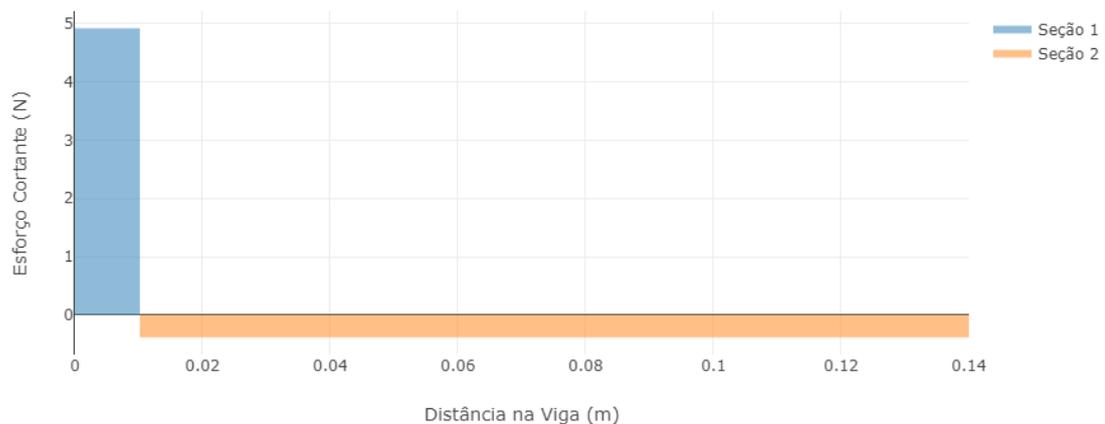
$$M = -F_i z X + F_p z X - (F_i z * PO)$$

$$M = 4,92X - 5,31X - (5,31 * 0,0102)$$

$$M = -0,39X + 0,0542$$

**Figura 132.**

*Fuerza cortante plano zx eje I*

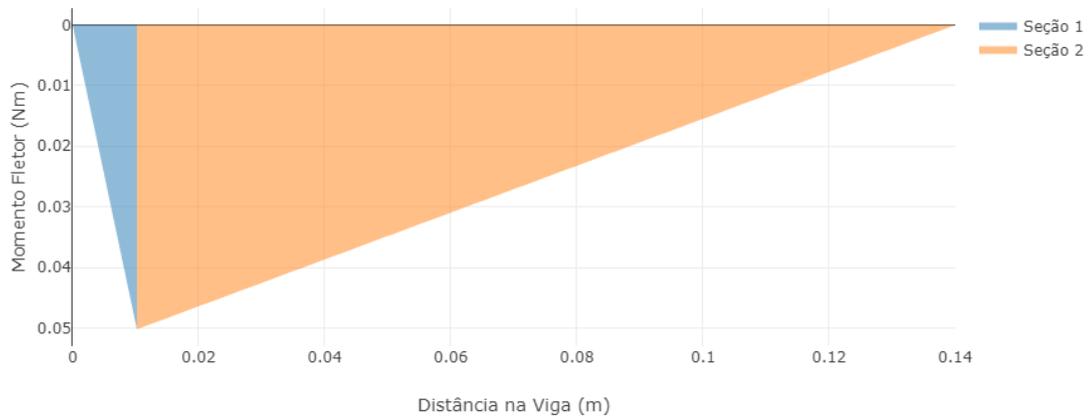


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 4,92N$$

**Figura 133.**

*Momento flector plano yx eje I*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,05021Nm$$

- Factor de seguridad para Eje I

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores  $K_f$  y  $K_{fs}$  se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,04510^2 + 0,05021^2}$$

$$M_a = 0,0674911Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(0,0674911))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

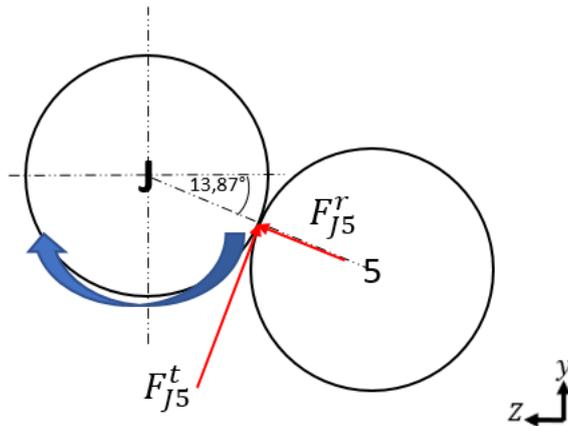
$$n = 17,8$$

### 3.5.11 Factor de seguridad eje J

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 134.**

*Sumatoria de fuerzas en el engranaje J*



*Nota.* En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje G y sus cargas.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(42)(11,67)} = 0,02376 \text{KN} = 23,76 \text{N}$$

$$F_{j5}^t = 23,76 \text{N}$$

$$F_{j5}^r = F_{j5}^t \tan 20^\circ = (23,76) \tan 20^\circ = 8,64 \text{N}$$

$$F_{j5z}^t = F_{j5}^t \sin 13,87 = 23,76 \sin 13,87 = 5,69 \text{N}$$

$$F_{j5y}^t = F_{j5}^t \cos 13,87 = 23,76 \cos 13,87 = 23,06 \text{N}$$

$$F_{j5z}^r = F_{j5}^r \cos 13,87 = 8,64 \cos 13,87 = 8,38 \text{N}$$

$$F_{j5y}^r = F_{j5}^r \sin 13,87 = 8,64 \sin 13,87 = 2,07 \text{N}$$

$$\sum F_y = -F_{jy} + F_{j5y}^r + F_{j5y}^t = 0$$

$$\sum F_z = -F_{jz} + F_{j5z}^r - F_{j5z}^t = 0$$

$$F_{jy} = F_{j5y}^r + F_{j5y}^t$$

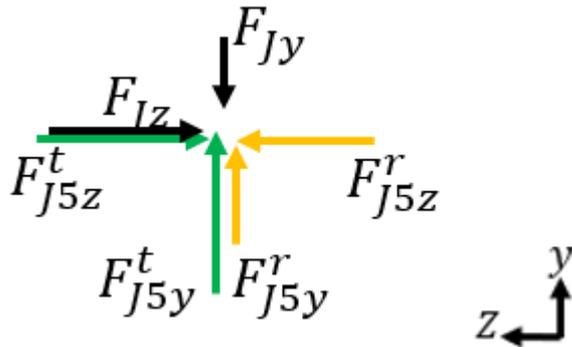
$$F_{jy} = 2,07 \text{N} + 23,06 \text{N} = 25,13 \text{N}$$

$$F_{jz} = F_{j5z}^r - F_{j5z}^t$$

$$F_{Jz} = 8,38N - 5,69N = 2,69N$$

**Figura 135.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje J*

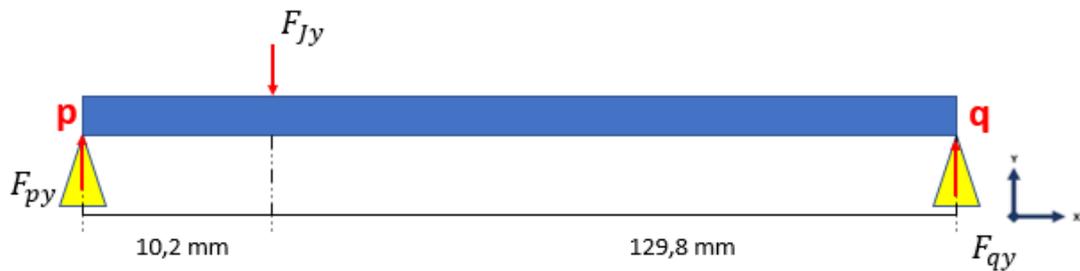


*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje J

**Figura 136.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje J*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje J visto desde el plano yx.

$$\sum F_y = -F_{Jy} + F_{py} + F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,140m) - (F_{Jy} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{Jy} - F_{py}$$

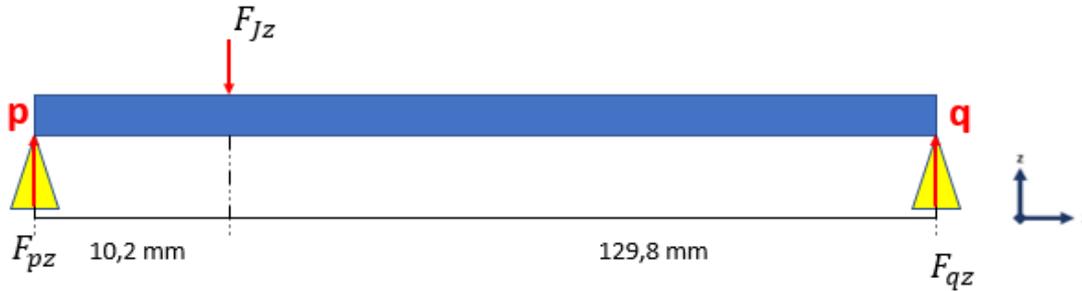
$$F_{py} = \frac{F_{Jy} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{25,13N * 0,1298m}{0,140m} = 23,29N$$

$$F_{qy} = 25,13 - 23,29N = 1,84N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje J

**Figura 137.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje J*



**Nota:** En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje J visto desde el plano zx.

$$\sum F_z = -F_{Jz} + F_{pz} + F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = -(F_{pz} * 0,140m) + (F_{Jz} * 0,1298m) = 0$$

$$F_{qz} = F_{Jz} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{Jz} * 0,1298m}{0,140m} = \frac{2,69N * 0,1298m}{0,140m} = 2,49N$$

$$F_{qz} = 2,69N - 2,49N = 0,2N$$

- Momento flector y fuerza cortante

**Plano yx eje J**

- **SECCION PO**

$$\sum F_y = F_{py} - V = 0$$

$$V = F_{py} = 23,29N$$

$$\sum M = F_{py}(0 - X) + M = 0$$

$$M = F_{py}X = 23,29X$$

- **SECCION OQ**

$$\sum F_y = F_{py} - F_{Jy} - V = 0$$

$$V = F_{py} - F_{Jy}$$

$$V = 23,29 - 25,13 = -1,84N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_j y(PO - X) + M = 0$$

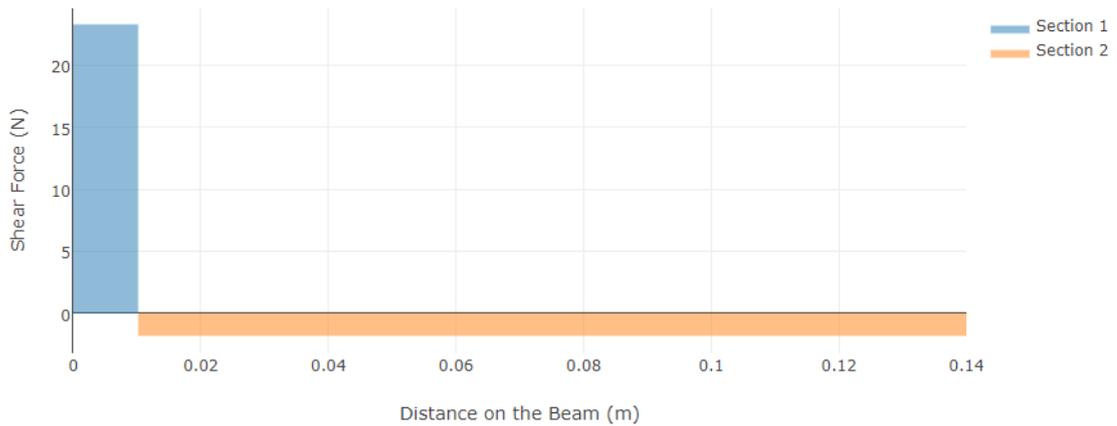
$$M = F_p yX - F_j yX + (F_j y * PO)$$

$$M = 23,29X - 25,13X + (825,13 * 0,0102)$$

$$M = -1,84X + 0,2563$$

**Figura 138.**

*Fuerza cortante plano yx eje J*

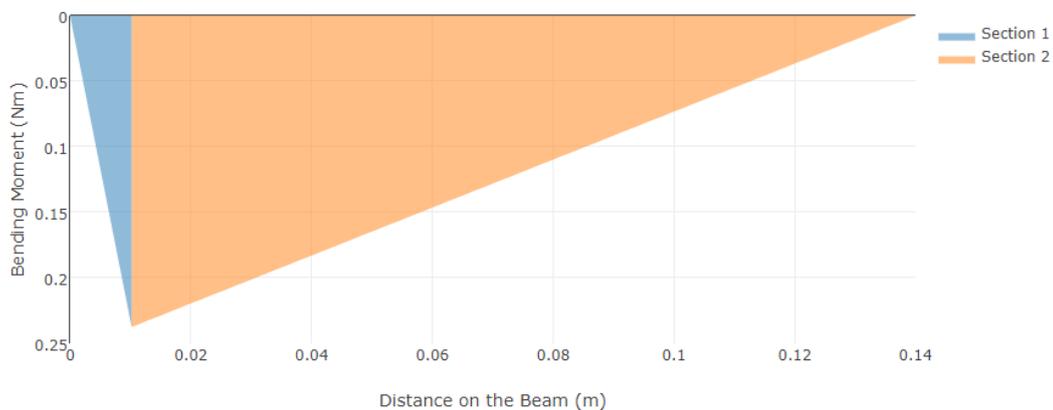


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 23,29N$$

**Figura 139.**

*Momento flector plano yx eje J*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,2376Nm$$

## Plano zx eje J

- SECCION PO

$$\sum F_z = -F_p z - V = 0$$

$$V = F_p z = 2,49N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) - M = 0$$

$$M = F_p z X = 2,49X$$

- SECCION OQ

$$\sum F_z = -F_p z + F_j z - V = 0$$

$$V = F_p z - F_j z$$

$$V = -2,69 + 2,49 = -0,2N$$

$$\sum M = -F_p z(0 - X) + F_j z(PO - X) + M = 0$$

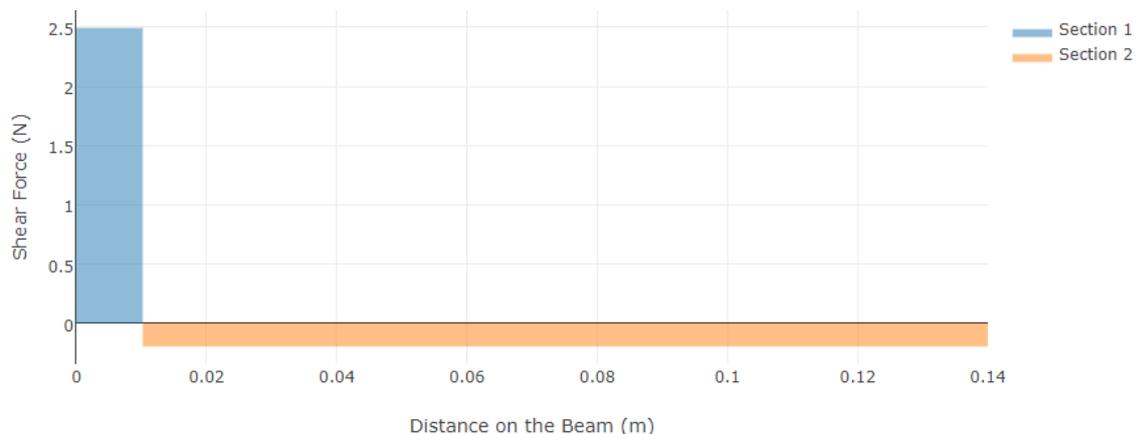
$$M = -F_p z X + F_j z X - (F_j z * PO)$$

$$M = 2,49X - 2,69X - (2,69 * 0,0102)$$

$$M = -0,2X + 0,0274$$

**Figura 140.**

*Fuerza cortante plano zx eje J*

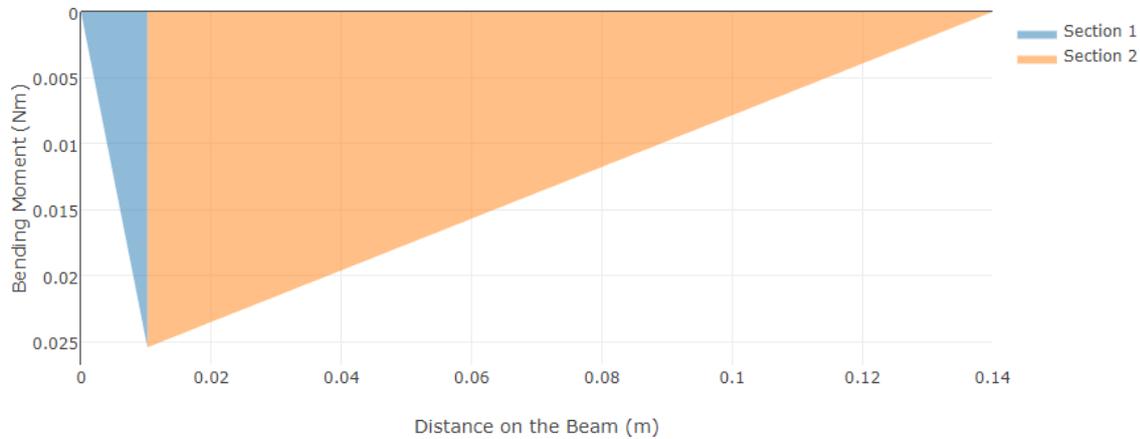


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 2,49N$$

**Figura 141.**

*Momento flector plano yx eje J*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,02543Nm$$

- Factor de seguridad para Eje J

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,2376^2 + 0,02543^2}$$

$$M_a = 0,23895Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(0,23895))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

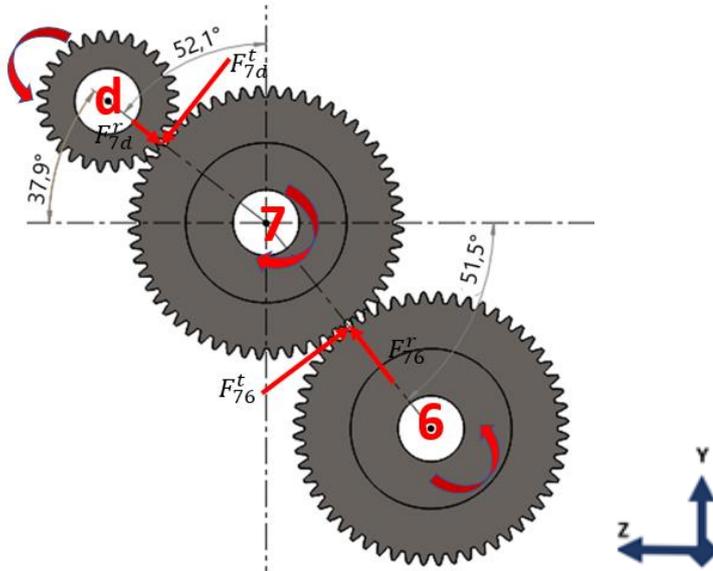
$$n = 9,4$$

### 3.5.12 Factor de seguridad eje 7

- Cargas transmitidas sobre el engranaje 7.

**Figura 142.**

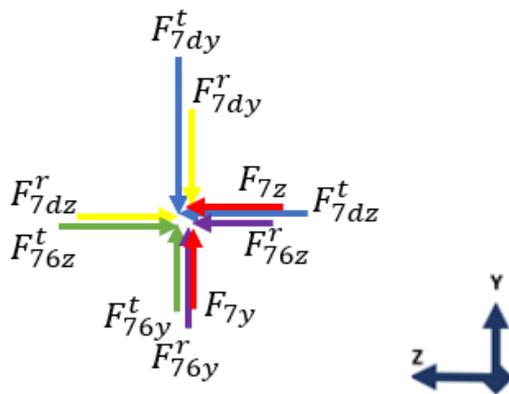
*Carga transmitida en el engranaje 7*



*Nota.* La figura representa los engranajes acoplados en el eje y las cargas aplicadas en este.

**Figura 143.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje 7*



*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(28)(5,835)} = 0,07129 \text{KN} = 71,29 \text{N}$$

$$F_{7d}^t = F_{76}^t = 71,29 \text{N}$$

$$F_{7d}^r = F_{76}^r = F_{7d}^t \tan 20^\circ = 71,29 \tan 20^\circ = 25,94 \text{ N}$$

$$F_{7dz}^t = F_{7d}^t \cos 52,1^\circ = 71,29 \cos 52,1^\circ = 43,79 \text{ N}$$

$$F_{7dy}^t = F_{7d}^t \sin 52,1^\circ = 71,29 \sin 52,1^\circ = 56,25 \text{ N}$$

$$F_{7dz}^r = F_{7d}^r \cos 37,9^\circ = 25,94 \cos 37,9^\circ = 20,46 \text{ N}$$

$$F_{7dy}^r = F_{7d}^r \sin 37,9^\circ = 25,94 \sin 37,9^\circ = 15,93 \text{ N}$$

$$F_{76z}^t = F_{76}^t \cos 38,9^\circ = 71,29 \cos 38,9^\circ = 55,48 \text{ N}$$

$$F_{76y}^t = F_{76}^t \sin 38,9^\circ = 71,29 \sin 38,9^\circ = 44,76 \text{ N}$$

$$F_{76z}^r = F_{76}^r \cos 51,5^\circ = 25,94 \cos 51,5^\circ = 16,14 \text{ N}$$

$$F_{76y}^r = F_{76}^r \sin 51,5^\circ = 25,94 \sin 51,5^\circ = 20,3 \text{ N}$$

$$\sum F_y = F_{7y} + F_{76y}^r + F_{76y}^t - F_{7dy}^r - F_{7dy}^t = 0$$

$$\sum F_z = F_{7dz}^t + F_{76z}^r + F_{7z} - F_{7dz}^r - F_{76z}^t = 0$$

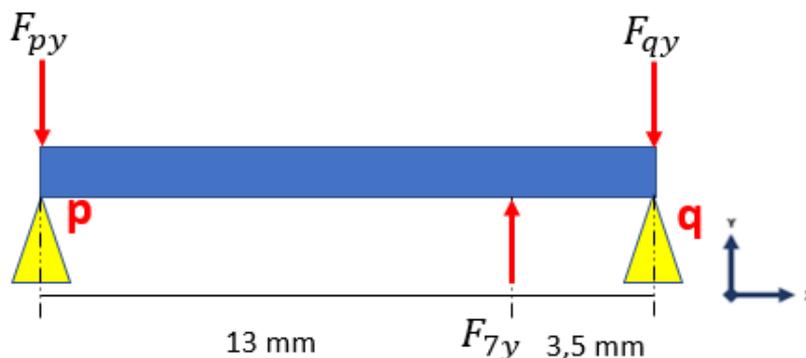
$$F_{7y} = -F_{76y}^r - F_{76y}^t + F_{7dy}^r + F_{7dy}^t = -20,3 - 44,76 + 15,93 + 56,25 = 7,12 \text{ N}$$

$$F_{7z} = F_{7dz}^r + F_{76z}^t - F_{7dz}^t - F_{76z}^r = 20,46 + 55,48 - 43,79 - 16,14 = 16,01 \text{ N}$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje 7

**Figura 144.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 7*



**Nota.** En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 7 visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{7y} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,0165m) - (F_{7y} * 0,0035m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{7y} - F_{py}$$

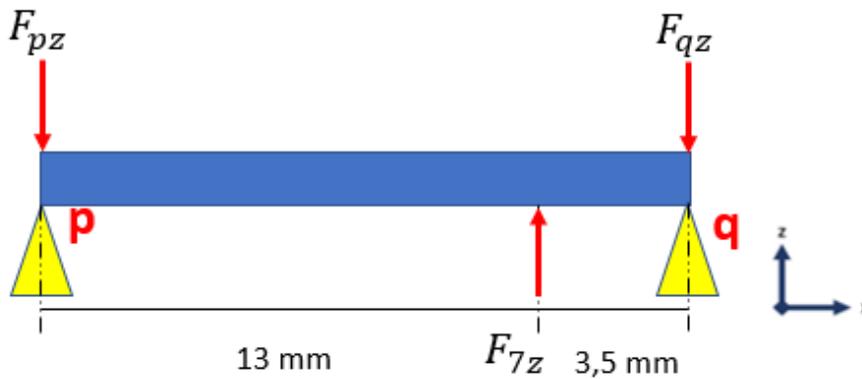
$$F_{py} = \frac{F_{7y} * 0,0035m}{0,0165m} = \frac{7,12N * 0,0035m}{0,0165m} = 1,51N$$

$$F_{qy} = 7,12 - 1,51N = 5,61N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje 7

**Figura 145.**

*Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 7*



**Nota.** En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 7 visto desde el plano zx.

$$\sum F_z = F_{7z} - F_{pz} - F_{qz} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{pz} * 0,0165m) - (F_{7z} * 0,0035m) = 0$$

$$F_{qz} = F_{7z} - F_{pz}$$

$$F_{pz} = \frac{F_{7z} * 0,0035m}{0,0165m} = \frac{16,01N * 0,0035m}{0,0165m} = 3,39N$$

$$F_{qz} = 16,01 - 3,39N = 12,62N$$

- Momento flector y fuerza cortante

### Plano yx eje 7

- SECCION P7

$$\sum F_y = F_p y + V = 0$$

$$V = -F_p y = -1,51N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) + M = 0$$

$$M = -1,51X$$

- SECCION 7Q

$$\sum F_y = F_p y - F_7 y + V = 0$$

$$V = F_7 y - F_p y$$

$$V = 7,12 - 1,51 = 5,61N$$

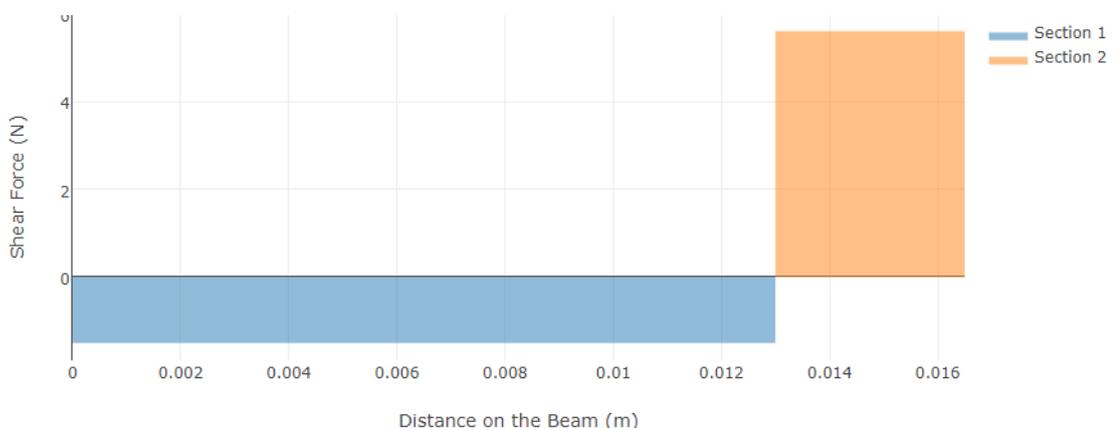
$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_7 y(P7 - X) + M = 0$$

$$M = -1,51X + 7,12X - (7,12 * 0,013)$$

$$M = 5,61X - 0,0926$$

### Figura 146.

Fuerza cortante plano yx eje 7

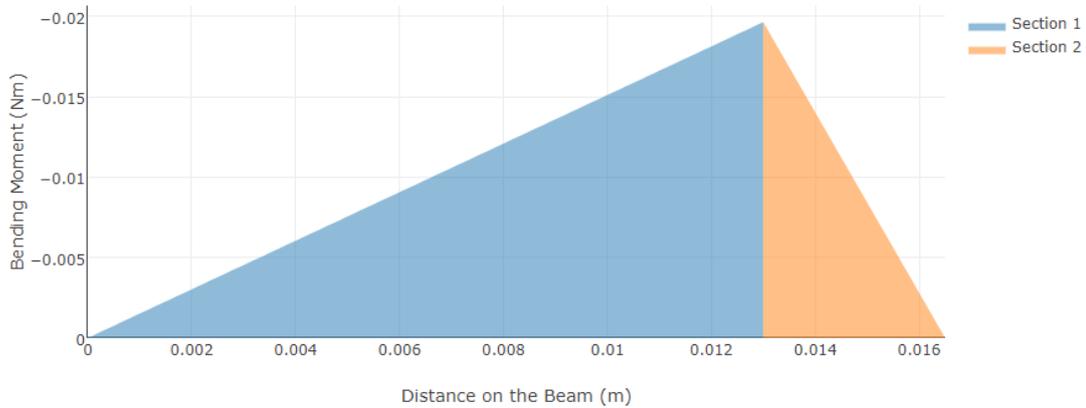


**Nota:** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 5,61N$$

**Figura 147.**

*Momento flector plano yx eje 7*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,019633Nm$$

**Plano zx eje 7**

- **SECCION P7**

$$\sum F_z = F_p z + V = 0$$

$$V = -F_p z = -3,39N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) + M = 0$$

$$M = -3,39X$$

- **SECCION 7Q**

$$\sum F_z = F_p z - F_7 z + V = 0$$

$$V = F_7 z - F_p z$$

$$V = 16,01 - 3,39 = 12,62N$$

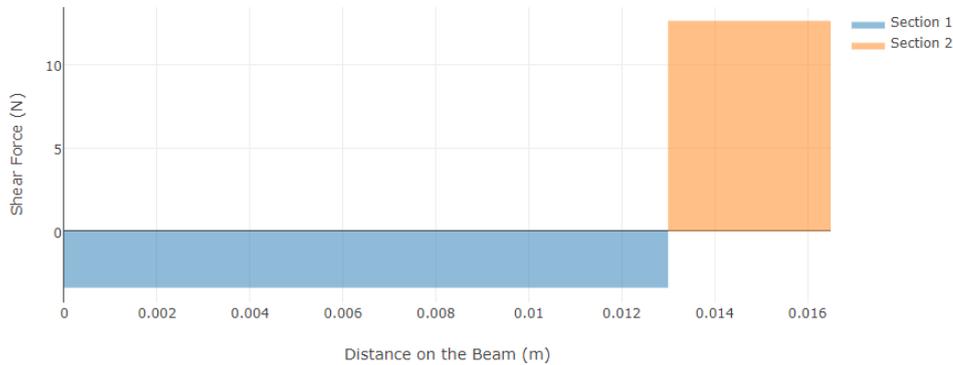
$$\sum M = F_p z(0 - X) - F_7 z(P7 - X) + M = 0$$

$$M = -3,39X + 16,01X - (16,01 * 0,013)$$

$$M = 12,62X - 0,2081$$

**Figura 148.**

*Fuerza cortante plano zx eje 7*

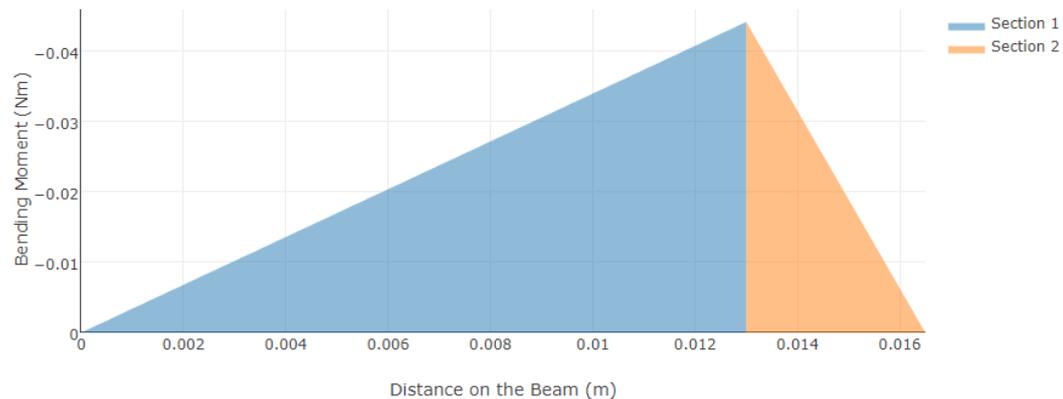


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 12,62N$$

**Figura 149.**

*Momento flector plano zx eje 7*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,04414Nm$$

- Factor de seguridad para Eje 7

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,019633^2 + 0,04414^2}$$

$$M_a = 0,04830Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} [4((1,572)(0,04830))^2]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} [3((1,249)(0,9979))^2]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

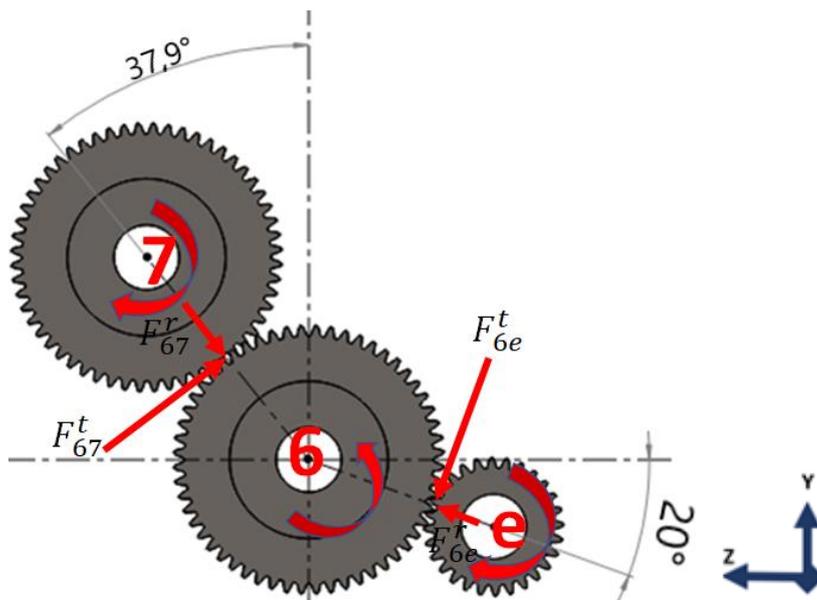
$$n = 19,4$$

### 3.5.13 Factor de seguridad eje 6

- Cargas transmitidas sobre el engranaje 6

**Figura 150.**

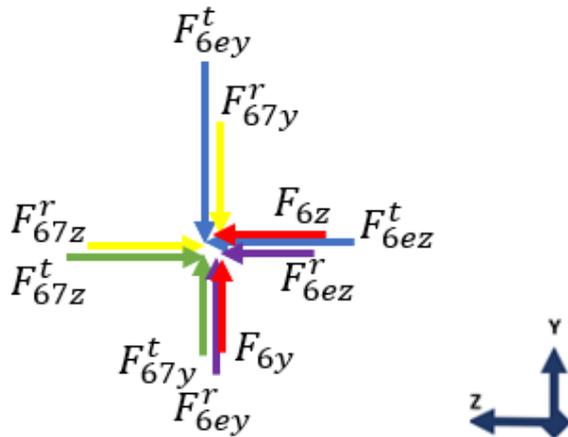
Carga transmitida en el engranaje 6



**Nota.** La figura representa los engranajes acoplados en el eje y las cargas aplicadas en este.

**Figura 151.**

Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje 6



*Nota.* En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(28)(5,835)} = 0,07129 \text{KN} = 71,29 \text{N}$$

$$F_{6e}^t = F_{67}^t = 71,29 \text{N}$$

$$F_{6e}^r = F_{67}^r = F_{6e}^t \tan 20^\circ = 71,29 \tan 20^\circ = 25,94 \text{N}$$

$$F_{6ez}^t = F_{6e}^t \sin 20 = 71,29 \sin 20 = 24,38 \text{N}$$

$$F_{6ey}^t = F_{6e}^t \cos 20 = 71,29 \cos 20 = 66,99 \text{N}$$

$$F_{6ez}^r = F_{6e}^r \cos 20 = 25,94 \cos 20 = 24,38 \text{N}$$

$$F_{6ey}^r = F_{6e}^r \sin 20 = 25,94 \sin 20 = 8,87 \text{N}$$

$$F_{67z}^t = F_{76}^t \cos 38,9^\circ = 71,29 \cos 38,9^\circ = 55,48 \text{N}$$

$$F_{67y}^t = F_{7d}^t \sin 38,9^\circ = 71,29 \sin 38,9^\circ = 44,76 \text{N}$$

$$F_{67z}^r = F_{7d}^r \cos 51,5^\circ = 25,94 \cos 51,5^\circ = 16,14 \text{N}$$

$$F_{67y}^r = F_{7d}^r \sin 51,5^\circ = 25,94 \sin 51,5^\circ = 20,3 \text{N}$$

$$\sum F_y = F_{6y} + F_{6ey}^r + F_{67y}^t - F_{67y}^r - F_{6ey}^t = 0$$

$$\sum F_z = F_{6ez}^t + F_{6ez}^r + F_{6z} - F_{67z}^r - F_{67z}^t = 0$$

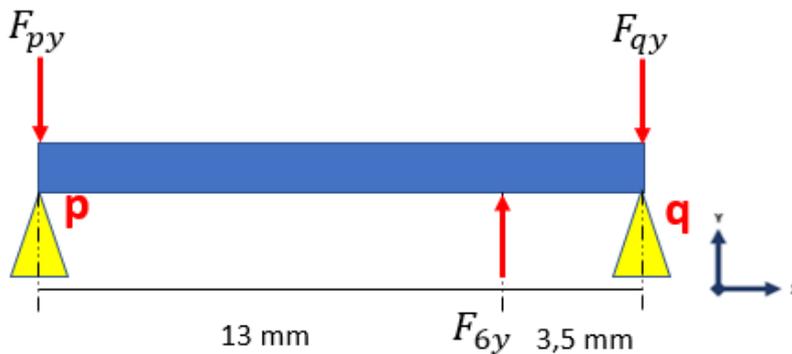
$$F_{6y} = -F_{6ey}^r - F_{67y}^t + F_{67y}^r + F_{6ey}^t = 66,99 + 20,3 - 44,75 - 8,87 = 33,66N$$

$$F_{6z} = F_{67z}^r + F_{67z}^t - F_{6ez}^t - F_{6ez}^r = 16,14 + 55,48 - 24,38 - 24,38 = 22,86N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje 6

**Figura 152.**

Diagrama de cuerpo libre plano yx eje 6



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 6 visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = F_{6y} - F_{py} - F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,0165m) - (F_{6y} * 0,0035m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{6y} - F_{py}$$

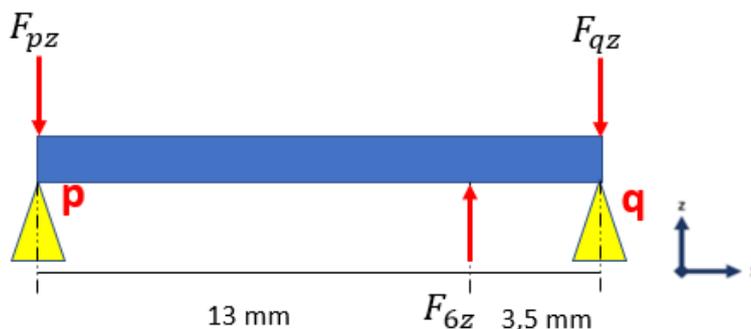
$$F_{py} = \frac{F_{6y} * 0,0035m}{0,0165m} = \frac{33,66N * 0,0035m}{0,0165m} = 7,14N$$

$$F_{qy} = 33,66 - 7,14N = 26,52N$$

- Sumatoria de fuerzas en el plano zx para el eje 6

**Figura 153.**

Diagrama de cuerpo libre plano zx eje 6



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje 6 visto desde el plano zx.

$$\sum F_z = F_6z - F_pz - F_qz = 0$$

$$\sum M_q = (F_pz * 0,0165m) - (F_6z * 0,0035m) = 0$$

$$F_qz = F_6z - F_pz$$

$$F_pz = \frac{F_6z * 0,0035m}{0,0165m} = \frac{22,86N * 0,0035m}{0,0165m} = 4,84N$$

$$F_qy = 22,86 - 4,84N = 17,82N$$

- Momento flector y fuerza cortante

### Plano yx eje 6

- **SECCION P6**

$$\sum F_y = F_p y + V = 0$$

$$V = -F_p y = -7,14N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) + M = 0$$

$$M = -7,14X$$

- **SECCION 7Q**

$$\sum F_y = F_p y - F_6 y + V = 0$$

$$V = F_6 y - F_p y$$

$$V = 33,66 - 7,14 = 26,52N$$

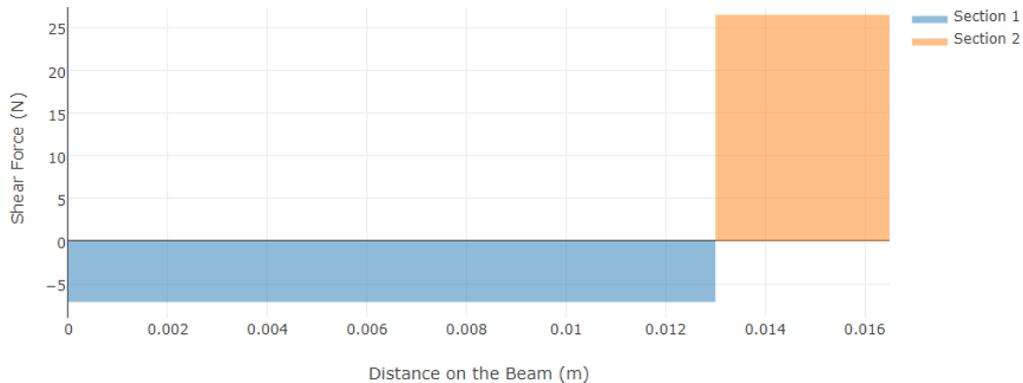
$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_6 y(P6 - X) + M = 0$$

$$M = -7,14X + 33,66X - (33,66 * 0,013)$$

$$M = 26,52X - 0,4376$$

**Figura 154.**

*Fuerza cortante plano yx eje 6*

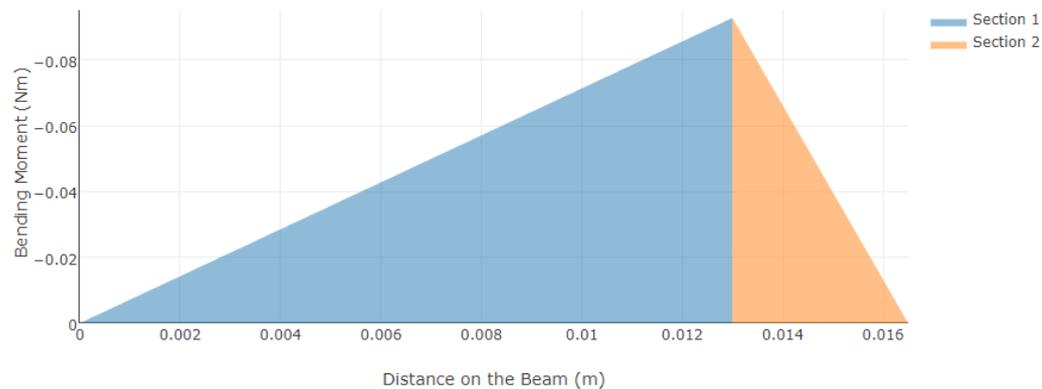


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 26,52N$$

**Figura 155.**

*Momento flector plano yx eje 6*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,09282Nm$$

### Plano zx eje 6

- SECCION P7

$$\sum F_z = F_p z + V = 0$$

$$V = -F_p z = -4,84N$$

$$\sum M = F_p z(0 - X) + M = 0$$

$$M = -4,84X$$

- SECCION 7Q

$$\sum F_z = F_p z - F_6 z + V = 0$$

$$V = F_6 z - F_p z$$

$$V = 22,86 - 4,84 = 18,02N$$

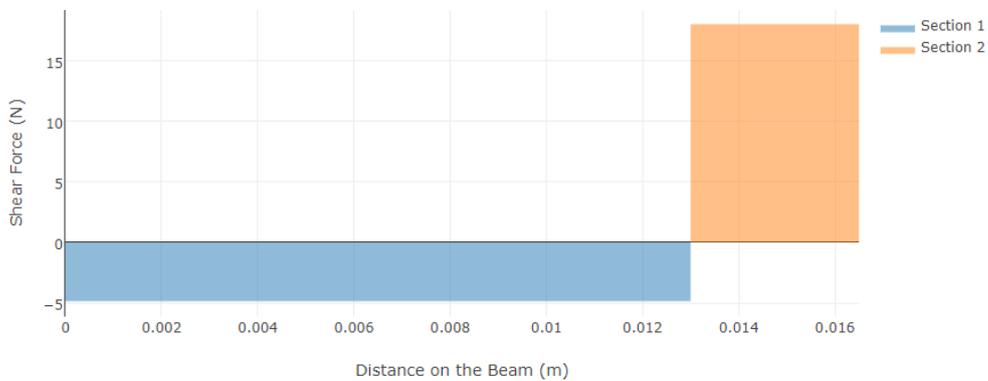
$$\sum M = F_p z(0 - X) - F_6 z(P6 - X) + M = 0$$

$$M = -4,84X + 22,86X - (22,86 * 0,013)$$

$$M = 18,02X - 0,2972$$

**Figura 156.**

*Fuerza cortante plano zx eje 6*

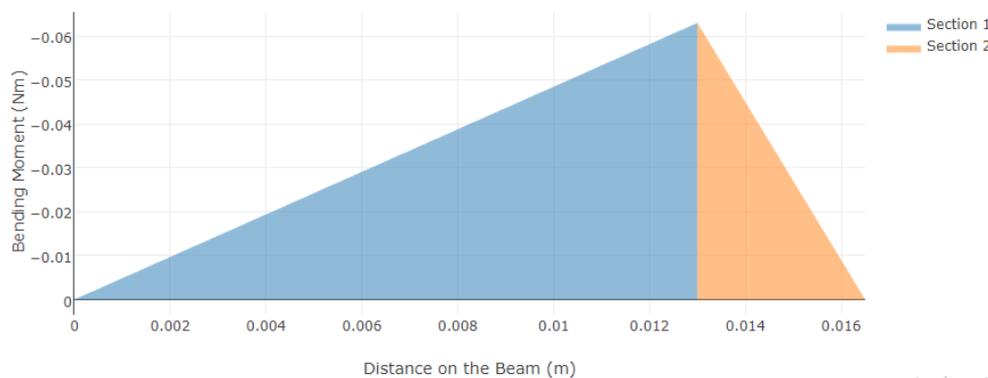


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 18,02N$$

**Figura 157.**

*Momento flector plano zx eje 6*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,06303Nm$$

- Factor de seguridad para Eje 6

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Momento flector medio: Se calcula este momento como la combinación de los momentos flectores máximos en los planos ZX y YX.

Los factores Kf y Kfs se asumen igual que en la sección 3.5.4

$$M_a = \sqrt{M_{\max(zx)}^2 + M_{\max(yx)}^2}$$

$$M_a = \sqrt{0,09282^2 + 0,06303^2}$$

$$M_a = 0,11219Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(0,11219))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

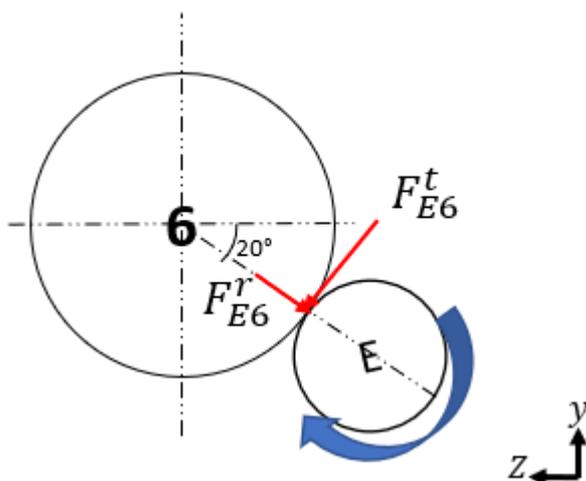
$$n = 14,14$$

### 3.5.14 Factor de seguridad eje E (segundo tren de engranajes)

- Cargas transmitidas sobre el engranaje

**Figura 158.**

*Sumatoria de fuerzas en el engranaje 6*



**Nota.** En la figura se observan los engranajes unidos al engranaje E y sus cargas.

$$W_t = \frac{60.000(6,1 \times 10^{-4})}{\pi(14)(11,67)} = 0,07129 \text{KN} = 71,29 \text{N}$$

$$F_{E6}^t = 71,29 \text{N}$$

$$F_{E6}^r = F_{E6}^t \tan 20^\circ = (71,29) \tan 20^\circ = 25,94 \text{N}$$

$$F_{E6Z}^t = F_{E6}^t \sin 20 = 71,29 \sin 20 = 24,38 \text{N}$$

$$F_{E6Y}^t = F_{E6}^t \cos 20 = 71,29 \cos 20 = 66,99 \text{N}$$

$$F_{E6Z}^r = F_{E6}^r \cos 20 = 25,94 \cos 20 = 24,38 \text{N}$$

$$F_{E6Y}^r = F_{E6}^r \sin 20 = 25,94 \sin 20 = 8,87 \text{N}$$

$$\sum F_y = F_{Ey} - F_{E6Y}^r - F_{E6Y}^t = 0$$

$$\sum F_z = -F_{EZ} - F_{E6Z}^r + F_{E6Z}^t = 0$$

$$F_{Ey} = F_{E6Y}^r + F_{E6Y}^t$$

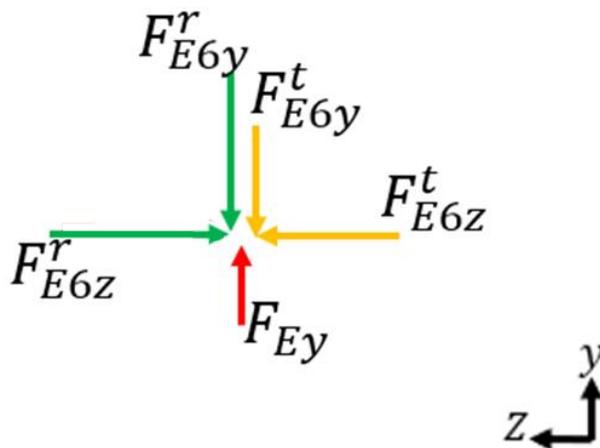
$$F_{Ey} = 66,99 \text{N} + 8,87 \text{N} = 75,86 \text{N}$$

$$F_{EZ} = -F_{E6Z}^r + F_{E6Z}^t$$

$$F_{EZ} = -24,38 \text{N} + 24,38 \text{N} = 0 \text{N}$$

**Figura 159.**

*Diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje E*

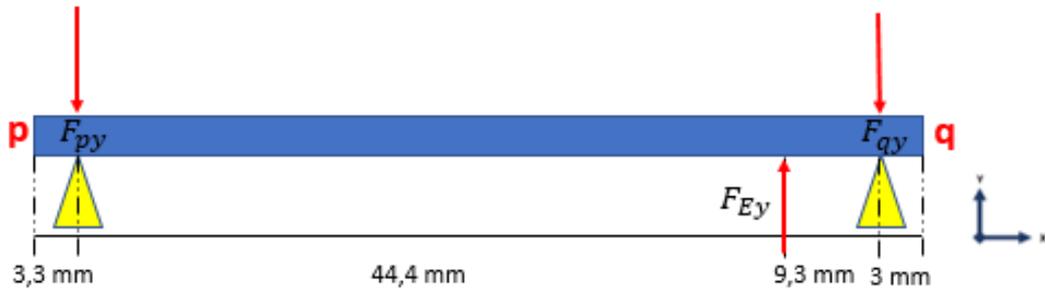


**Nota.** En esta figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre en el centro del engranaje.

- Sumatoria de fuerzas en el plano yx para el eje E

**Figura 160.**

*Diagrama de cuerpo libre plano yx eje E*



*Nota.* En esta figura se observa el diagrama de cuerpo libre del eje E visto desde el plano yx.

$$\sum F_Y = -F_{Ey} + F_{py} + F_{qy} = 0$$

$$\sum M_q = (F_{py} * 0,0537m) - (F_{Ey} * 0,0093m) = 0$$

$$F_{qy} = F_{Ey} - F_{py}$$

$$F_{py} = \frac{F_{Ey} * 0,0093m}{0,0537m} = \frac{75,86N * 0,0093m}{0,0537m} = 13,13N$$

$$F_{qy} = 75,86 - 13,13N = 62,73N$$

- Momento flector y fuerza cortante

**Plano yx eje E**

- **SECCION OP**

$$\sum F_y = -V = 0$$

$$V = 0N$$

$$\sum M = 0$$

$$M = 0$$

- **SECCION PQ**

$$\sum F_y = F_{py} + V = 0$$

$$V = -F_{py} = -13,13N$$

$$\sum M = F_{py}(0,0033 - X) + M = 0$$

$$M = -13,13X + 0,0434$$

- **SECCION QR**

$$\sum F_y = -F_p y + F_E y + V = 0$$

$$V = -F_E y + F_p y$$

$$V = -78,86 + 13,13 = -62,73N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_E y(OQ - X) + M = 0$$

$$M = 75,86X - 13,13X - (75,86 * 0,0477)$$

$$M = 62,73X - 3,5752$$

- **SECCION RS**

$$\sum F_y = -F_p y - F_q y + F_E y - V = 0$$

$$V = F_E y - F_p y - F_q y$$

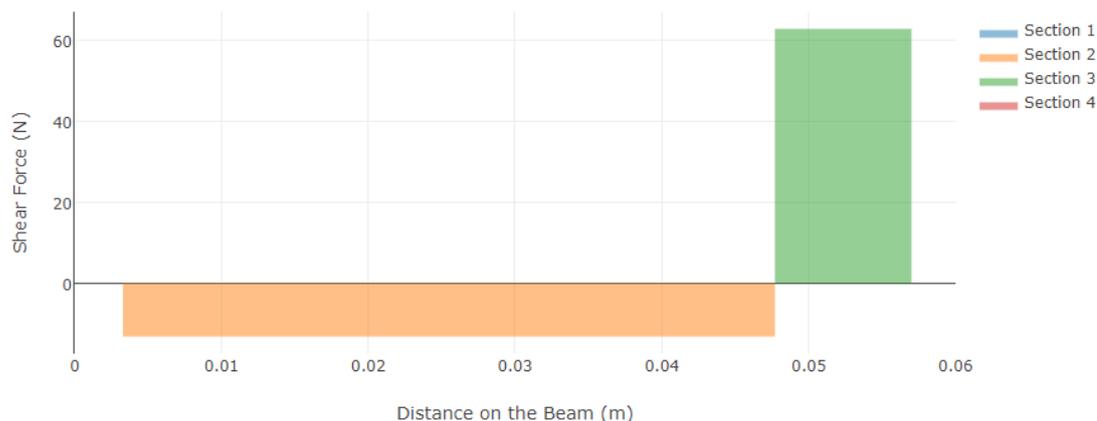
$$V = 78,86 - 13,13 - 62,73 = 0N$$

$$\sum M = F_p y(0 - X) - F_E y(OQ - X) + F_p y(OS - X) + M = 0$$

$$M = 0$$

**Figura 161.**

*Fuerza cortante plano yx eje E*

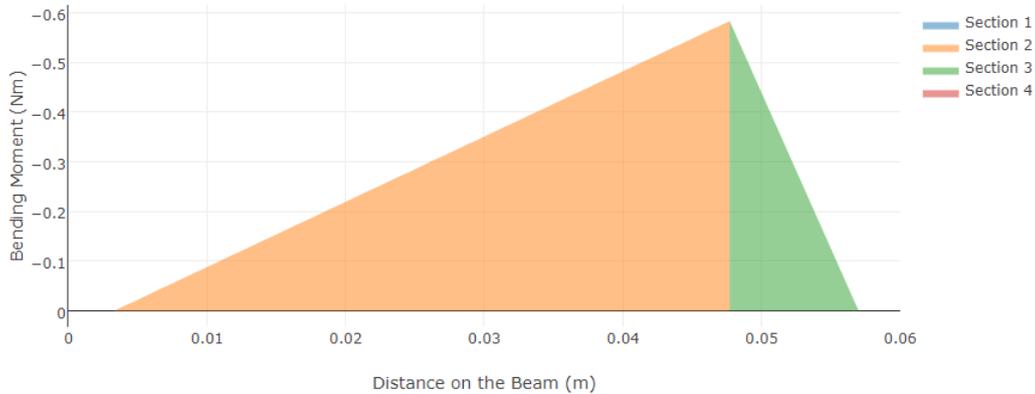


**Nota.** Diagrama de fuerza cortante respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$V_{max} = 62,72N$$

**Figura 162.**

*Momento flector plano yx eje E*



**Nota.** Diagrama de momento flector respecto a la distancia de la viga en el plano yx. Elaboración realizada en: VIGA Online. [En línea]. Disponible en: <http://www.viga.online/index.php>.

$$M_{max} = 0,58331Nm$$

- Factor de seguridad para Eje E

La determinación del factor de seguridad se hace con el criterio de ED-Goodman. [39]

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

$$M_a = 0,58331Nm$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(0,007)^3} \left\{ \frac{1}{156,68 \times 10^6} \left[ 4((1,572)(0,58331))^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{860 \times 10^6} \left[ 3((1,249)(0,9979))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

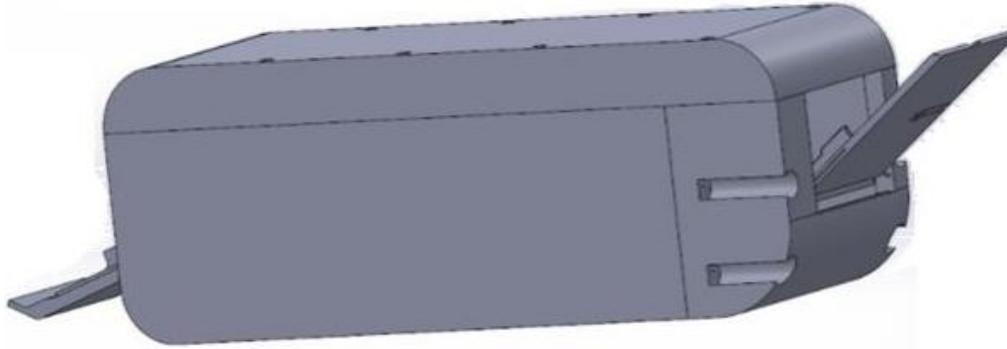
$$n = 4,8$$

### 3.6 Estructura

El sistema estructural básicamente está compuesto por la carcasa externa, la carcasa interna de la cámara de desinfección ya explicada anteriormente y las bandejas de entrada y salida. La carcasa interna de la maquina se fabricará en poliamida de tipo 6 debido a que esta es una de las piezas que se expone directamente a la radiación UV.

### Figura 163.

*Estructura máquina de desinfección.*



*Nota.* Esquema máquina de desinfección

#### 3.6.1 *Análisis de la carcasa por elementos finitos*

Ahora bien, obtenidas todas las fuerzas y las restricciones a las que está sometida la estructura interna del sistema de transporte, se proceden a realizar la simulación de la carcasa de la cámara de desinfección por medio del análisis de los elementos finitos y con ayuda del software de SolidWorks.

3.6.1.a Propiedades del material. Para la fabricación de la carcasa interna se utilizará como material la poliamida de tipo 6 como se ha explicado a lo largo de este documento. En la siguiente tabla se listan sus propiedades mecánicas.

**Tabla 38.**

*Propiedades poliamida tipo 6*

Propiedad	Valor	unidades
Módulo elástico	2620000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.34	N/D
Módulo cortante	970400000	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	1120	N/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	90000000	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	103648886	N/m <sup>2</sup>

*Nota.* En esta tabla se observan las propiedades mecánicas del material.

### 3.6.1.b Cargas aplicadas

**Tabla 39.**

*Cargas aplicadas sobre la estructura*

CARGA (N)	DIRECCION	PUNTO DE APLICACIÓN
4.14	Y	Cara de apoyo eje 1
11.38	Z	
-0.25	Y	Cara de apoyo eje f
-7.13	Z	
-8.66	Y	Cara de apoyo eje 2
-23.82	Z	
8.66	Y	Cara de apoyo eje g
-23.82	Z	
-8.66	Y	Cara de apoyo eje 3
-23.82	Z	
8.66	Y	Cara de apoyo eje h
-23.82	Z	
-8.66	Y	Cara de apoyo eje 4
-23.82	Z	
4.77	Y	Cara de apoyo eje i
-5.31	Z	
4.14	Y	Cara de apoyo eje 5
11.38	Z	

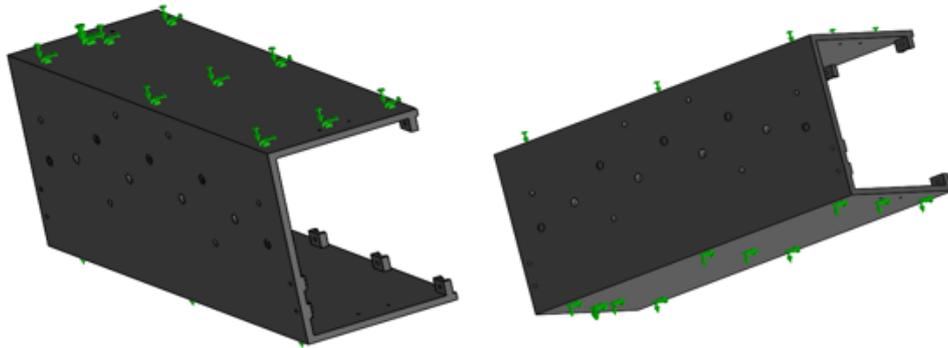
**Nota.** En la tabla se muestran las fuerzas aplicadas y el punto de aplicación

3.6.1.c Restricciones. Para continuar con el proceso de simulación de la carcasa de la cámara de desinfección es necesario aclarar las condiciones de frontera a las cuales están sometidas.

En primer lugar, se establece un análisis estático ya que se espera conocer el comportamiento de la estructura según las condiciones y las fuerzas conocidas con anterioridad, para ello se trabaja la estructura de tal manera que de la parte inferior y superior se encuentran estáticas asegurando el equilibrio de la estructura.

**Figura 164.**

*Sujeciones*

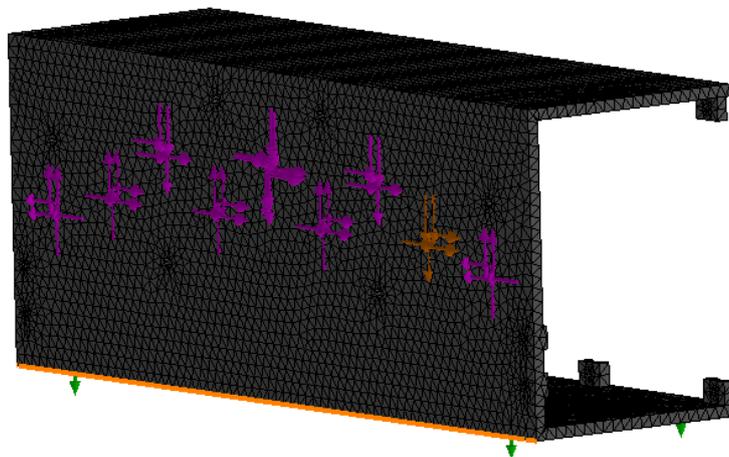


*Nota.* En la imagen se observa donde se fija la carcasa para evitar el desplazamiento.

3.6.1.e Enmallado. Para la simulación es realizar el enmallado de la estructura de la cámara de desinfección, para lo cual se selecciona un tipo de malla no estructurada de forma poligonal, el programa escogido arroja un mallado fino con un total de 44.660 elementos. En la siguiente tabla se enlistan todos los detalles del enmallado.

**Figura 165.**

*Enmallado de la carcasa*



*Nota.* Gráfico de enmallado de la carcasa en SolidWorks

**Tabla 40.**

*Detalles de la malla*

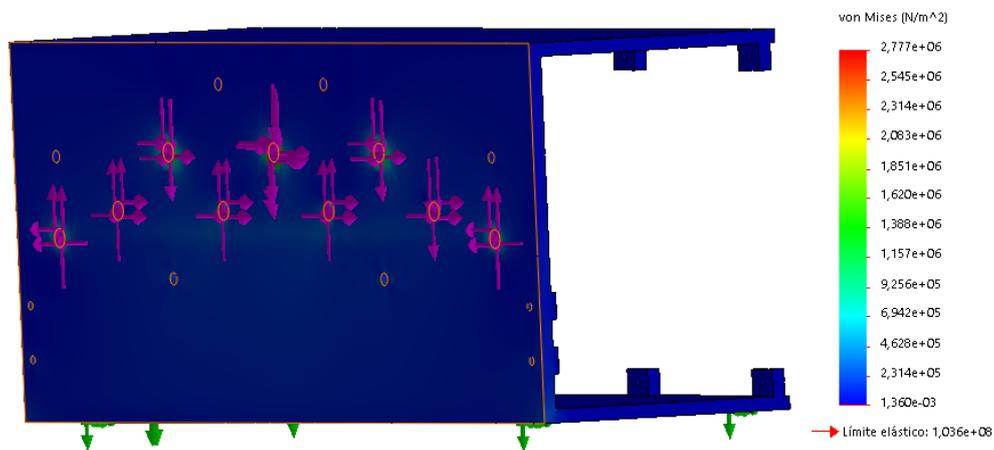
Nombre de estudio	Análisis estático 3 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elemento	5,0931 mm
Tolerancia	0,254655 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	91559
Número total de elementos	49899
Cociente máximo de aspecto	1.613,4
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	91,6
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0,856
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:17

**Nota:** En esta tabla se enlistan los detalles de la malla.

3.6.1.f Tensiones

**Figura 166.**

*Análisis por elementos finitos*



**Nota.** En el gráfico se puede observar la simulación realizada para hallar las tensiones a las que está sometida la carcasa.

El material con el cual está fabricada la estructura es poliamida tipo 6 con un límite elástico de  $1,036 \times 10^8 \frac{N}{m^2}$ , como se muestra en la anterior figura el máximo esfuerzo a tensión al cual se

sometería la estructura sería,  $2,777 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$  con ayuda de la ecuación del esfuerzo de seguridad por medio del esfuerzo máximo de Von Misses se obtiene:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Límite elástico del material}}{\text{Esfuerzo máximo de Von Misses}}$$

$$FOS = \frac{LE}{\sigma \text{ Von Misses}}$$

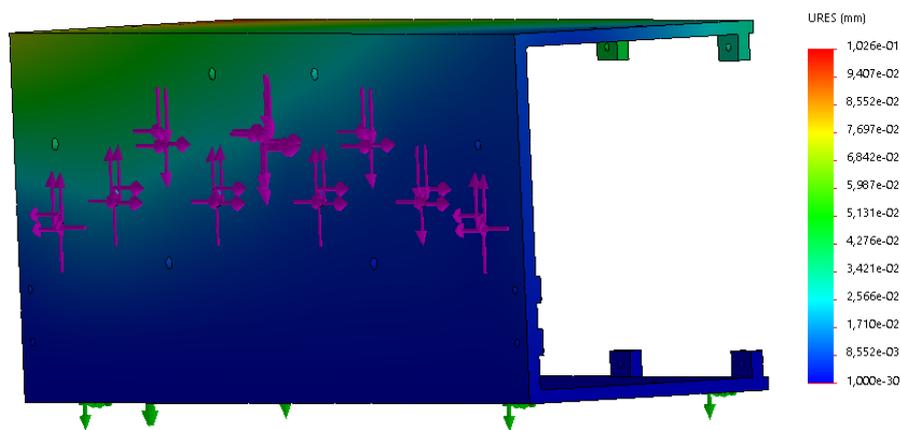
$$FOS = \frac{1,036 \times 10^8 \frac{N}{m^2}}{2,777 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$FOS = 49,09$$

3.6.1.g Desplazamientos. Dando como resultado del sistema de simulaciones, y complementando el análisis estructural se obtiene la simulación del desplazamiento de la estructura en sus puntos más críticos, se realiza esta simulación con el sistema de enmallado presentado con anterioridad y análisis por medio de los elementos finitos. En la figura se observan los puntos del elemento y sus posibles deformaciones con respecto a la escala presentada en la figura 80, en conclusión, se detalla que el máximo desplazamiento que puede realizar el elemento a raíz de las cargas a las que está sometido es de  $1,026 \times 10^{-3} mm$ , valor que es despreciable y en nada afecta el funcionamiento de la carcasa de la cámara de desinfección dentro de la máquina en general.

**Figura 167.**

Análisis por elementos finitos



**Nota.** En esta imagen se observa el análisis de cargas aplicado a la carcasa y su deflexión.

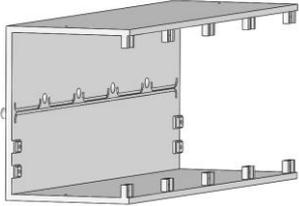
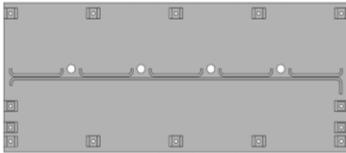
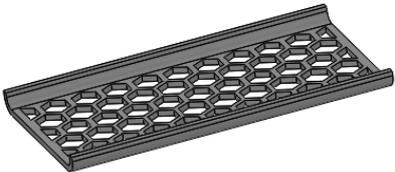
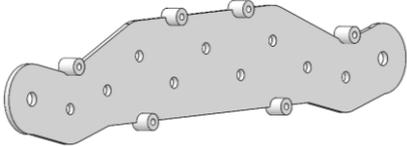
## 4. MANUALES

### 4.1 Manual de ensamblaje

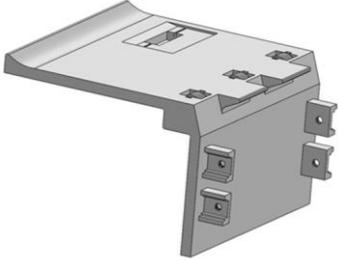
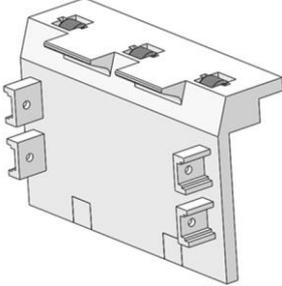
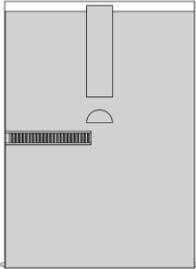
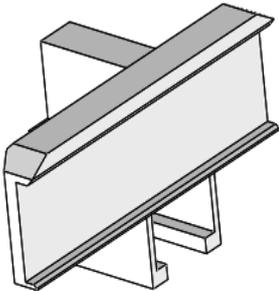
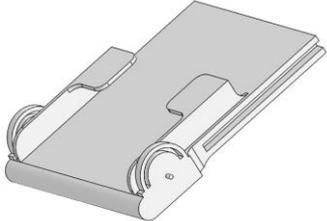
#### 4.1.1 Identificación de las piezas

Tabla 41.

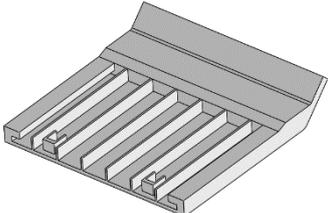
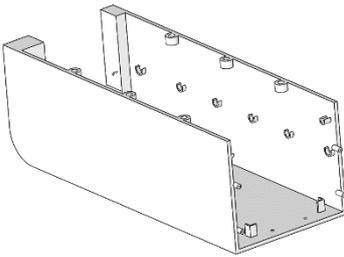
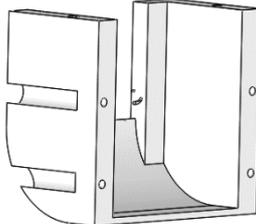
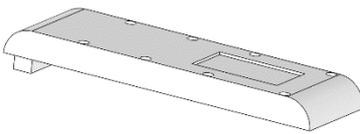
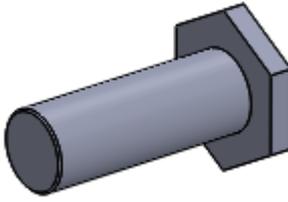
Identificación de piezas del sistema estructural.

SISTEMA ESTRUCTURAL				
NOMBRE	ELEMENTO	DEFINICIÓN	MATERIAL	CANT.
Carcasa de cámara de desinfección.		Protección principal de sistema de desinfección y sistema de transporte.	Poliamida tipo 6	1
Tapa de cámara de desinfección.		Complemento de carcasa principal de sistema de desinfección y transporte.	Poliamida tipo 6	1
Guía superior sistema de desinfección.		Guía superior de transporte dentro de la cámara de desinfección.	Poliamida tipo 6	5
Guía inferior sistema de desinfección.		Guía inferior de transporte dentro de la cámara de desinfección.	Poliamida tipo 6	1
Lámina soporte de engranajes.		Lámina de apoyo para engranajes.	ABS	1

**Tabla 42.** Continuación.

<p>Guía sistema de entrada.</p>		<p>Guía de unión del sistema de agarre y entrada a la cámara de desinfección.</p>	<p>ABS</p>	<p>1</p>
<p>Guía sistema de salida.</p>		<p>Guía de salida de la cámara de desinfección y finalización del proceso.</p>	<p>ABS</p>	<p>1</p>
<p>Bandeja de entrada.</p>		<p>Bandeja de posicionamiento inicial de papel moneda.</p>	<p>ABS</p>	<p>1</p>
<p>Ajustador bandeja de entrada.</p>		<p>Ajustador del ancho admisible de la bandeja de entrada.</p>	<p>ABS</p>	<p>1</p>
<p>Bandeja de salida.</p>		<p>Bandeja de posicionamiento final del papel moneda.</p>	<p>PLA</p>	<p>1</p>

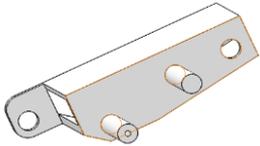
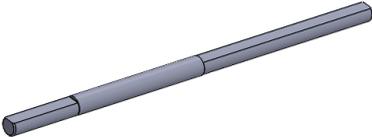
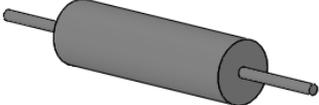
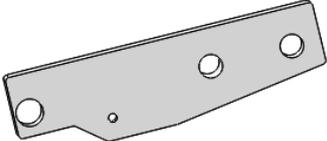
**Tabla 42.** Continuación.

<p>Extensión de la bandeja de salida.</p>		<p>Extensión de la longitud admisible de la bandeja de salida.</p>	<p>PLA</p>	<p>1</p>
<p>Carcasa exterior inferior.</p>		<p>Protección general de la posición inferior de la máquina.</p>	<p>PLA</p>	<p>1</p>
<p>Tapa exterior inferior.</p>		<p>Protección sistema de entrada y sistema de agarre.</p>	<p>PLA</p>	<p>1</p>
<p>Tapa exterior superior.</p>		<p>Protección general de la posición superior de la máquina.</p>	<p>PLA</p>	<p>1</p>
<p>Eje loco</p>		<p>Ejes de engranajes locos</p>	<p>AISI 304</p>	<p>5</p>

**Nota.** En esta tabla se muestran las piezas correspondientes al sistema estructural de la máquina con sus correspondientes especificaciones.

**Tabla 42.**

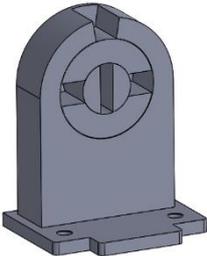
*Identificación de piezas del sistema de agarre.*

<b>SISTEMA DE AGARRE</b>				
<b>NOMBRE</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CANT.</b>
Eje del sistema de arrastre.		Base y transmisión de movimiento a rodillo de agarre.	AISI 304	1
Rodillo de agarre.		Rodillo de primer contacto directo con el papel moneda.	Neopreno	1
Estructura sistema de agarre.		Estructura de sostenimiento sistema de agarre.	ABS	1
Eje transmisión de potencia.		Eje de transmisión de potencia del sistema de engranajes al sistema de agarre.	AISI 304	1
Rodillo auxiliar de agarre.		Rodillo auxiliar en el sistema de agarre, no transmite potencia.	Polietileno de alta densidad. (HDPE)	1
Superficie de selección.		Superficie de selección unitaria del papel moneda.	Corcho	1
Tapa sistema de agarre.		Elemento de protección y acople de engranajes de sistema de agarre.	ABS	1

**Nota.** En esta tabla se muestran las piezas correspondientes al sistema de agarre de la máquina con sus correspondientes especificaciones.

**Tabla 43.**

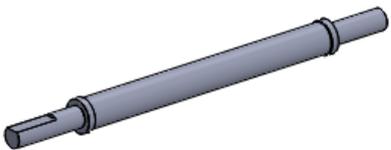
*Identificación de piezas del sistema de desinfección.*

<b>SISTEMA DE DESINFECCIÓN</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CANT.</b>
Lámparas de desinfección		Tubo Philips TUV 11W FAM/10X25BOX	2
SOKCET		SOCKET T8 HTR	4

*Nota.* En esta tabla se muestran las piezas correspondientes al sistema de desinfección de la máquina con sus correspondientes especificaciones.

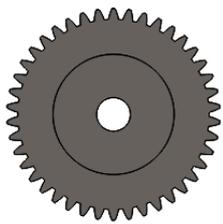
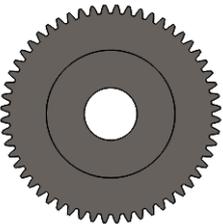
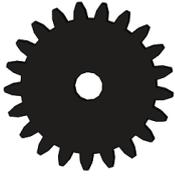
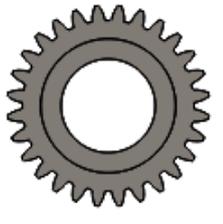
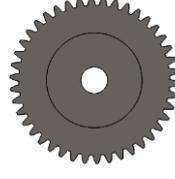
**Tabla 44.**

*Identificación de piezas del sistema de transporte.*

<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b>				
<b>NOMBRE</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CANT.</b>
Eje principal de transporte.		Eje de transporte dentro de la cámara de desinfección.	AISI 302	4
Eje de entrada y salida.		Eje de transporte a la entrada y salida de la cámara de desinfección.	AISI 302	2
Eje auxiliar de guía de entrada y salida.		Eje auxiliar en las guías de entrada y salida.	Polietileno de alta densidad. (HDPE)	6
Rodillos auxiliares cámara de desinfección.		Rodillo auxiliare dentro de la cámara de desinfección, no transmiten potencia.	Polietileno de alta densidad. (HDPE)	8
Rodillos auxiliares guías de entrada y salida.		Rodillos auxiliares en las guías de entrada y salida, no transmiten potencia.	Polietileno de alta densidad. (HDPE)	6
Rodillos principales de transporte		Rodillo de transporte dentro de la cámara de desinfección.	Neopreno	4
Rodillos principales de entrada y salida		Rodillos de transporte a la entrada y salida de la cámara de desinfección.	Neopreno	6
Motor [40]		Sistema de potencia de la maquina	N/A	1

**Nota.** En esta tabla se muestran las piezas correspondientes al sistema de transporte de la máquina con sus correspondientes especificaciones.

**Tabla 45.***Identificación de piezas del sistema de transporte.*

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			
NOMBRE	ELEMENTO	MATERIAL	CANT.
Engranajes de transporte de cámara de desinfección.		POM	7
Engranajes de transmisión de potencia sistema de agarre.		POM	2
Engranaje de salida de motor.		POM	1
Engranajes de transmisión de potencia sistema de agarre.		POM	2
Engranajes locos dentro de sistema de agarre.		POM	5

*Nota.* En esta tabla se muestra el sistema de engranajes de transmisión de potencia de la máquina de desinfección.

**Tabla 46.***Identificación de tornillería.*

<b>TORNILLERÍA</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Sistema de agarre.		M2 x 10	1
Sistema de desinfección.		M2 x 4	8
Lámina de motor		M3 x 6	4
Sujeción de motor		M1.6 x 6	2
Tapa de cámara de desinfección.		M3 x 13	10
Lámina soporte de engranajes		M4 x 20	6
Guías de entrada y salida		M3 x 13	8
Carcasa exterior inferior.		M4 x 13	4
Tapa exterior inferior.		M4 x 20	4
Tapa exterior superior.		M8 x 50	8

**Nota.** En esta tabla se muestra la tornillería necesaria para el acople y ensamble de la máquina.

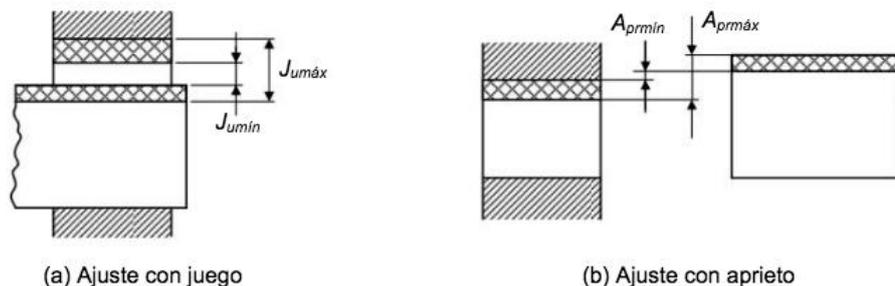
#### 4.1.2 Ensamble de la máquina de desinfección

##### NOTAS GENERALES DE ENSAMBLE:

1. Para el ensamble de los engranajes del mecanismo es necesario tener en cuenta varios puntos.
  - El ajuste de los engranajes de transmisión de potencia se ensambla como un ajuste fijo o con apriete mínimo que significa que la medida máxima del agujero del engranaje es inferior o igual que la medida mínima del eje, estas tolerancias se especifican en los planos.
  - Para ensamblar los engranajes de transmisión de potencia se procede a aplicar pegamento Loctite 648 sobre la superficie del eje y seguidamente introducir el engranaje de manera axial y a presión, dejar secar el pegamento y continuar con el ensamble.
  - Los engranajes locos de la máquina se ensamblan con un ajuste de juego máximo lo cual significa que se utiliza la medida máxima admisible del agujero y la mínima admisible del eje. [41]

**Figura 168.**

*Acople de rodillos auxiliares en pantallas de policarbonato.*



**Nota.** En la imagen se muestra la disposición de los diferentes ajustes de los agujeros y ejes de manera explicativa tomado de: «Ajustes Y tolerancias,» de *Conceptos Basicos sobre diseño de maquinas*, pp. 1-27.

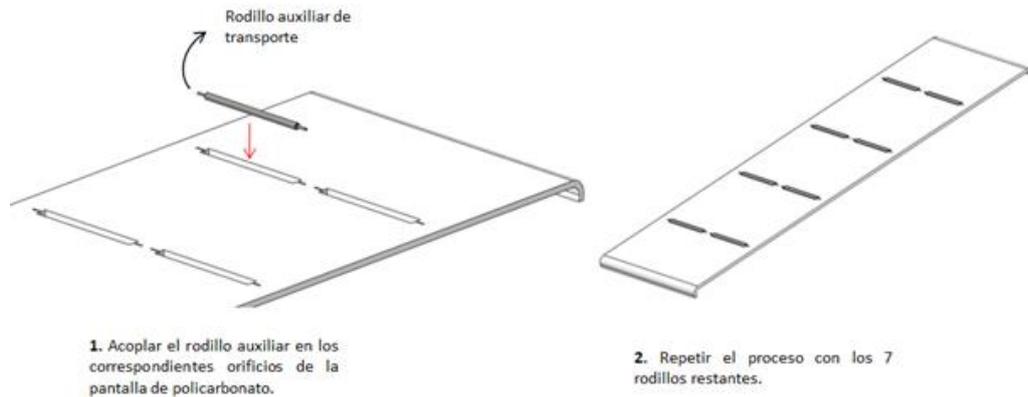
2. El ensamble de los ejes a las carcasas y guías de ensamble se hace por medio de un sistema de filete de hombro bien rodeado que viene injerto en las carcasas exteriores del sistema, este filete se utiliza debido a las grandes propiedades del polímero ABS como lubricante y además de esto gracias al material de acero inoxidable en el que están fabricados los ejes y su acabado superficial, permitiendo entonces que no exista la abrasión y que el eje gire de manera libre sobre el filete.
3. El proceso de vulcanización del neopreno se hace con anticipación con ayuda de moldes permitiendo así que el ensamble del mismo sea independiente del proceso de fabricación.

#### 4.1.2.a Ensamble de la cámara de desinfección

- Ensamble y acople pantalla inferior de policarbonato dentro de la cámara de desinfección.

#### Figura 169.

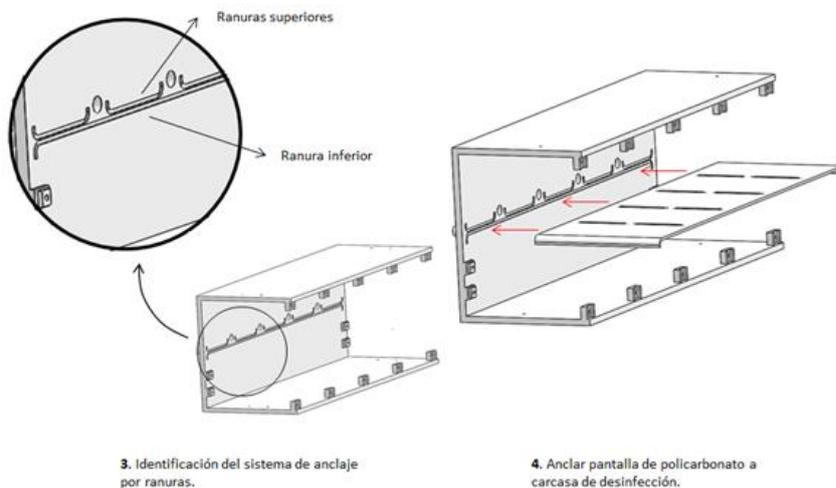
*Acople de rodillos auxiliares en pantallas de policarbonato.*



**Nota.** Esta imagen representa los pasos 1 y 2 para la elaboración del acople de la pantalla inferior de policarbonato dentro de la cámara de desinfección, además menciona los elementos esenciales para realizarlo.

#### Figura 170.

*Acople de pantallas de policarbonato en la carcasa de la cámara de desinfección.*

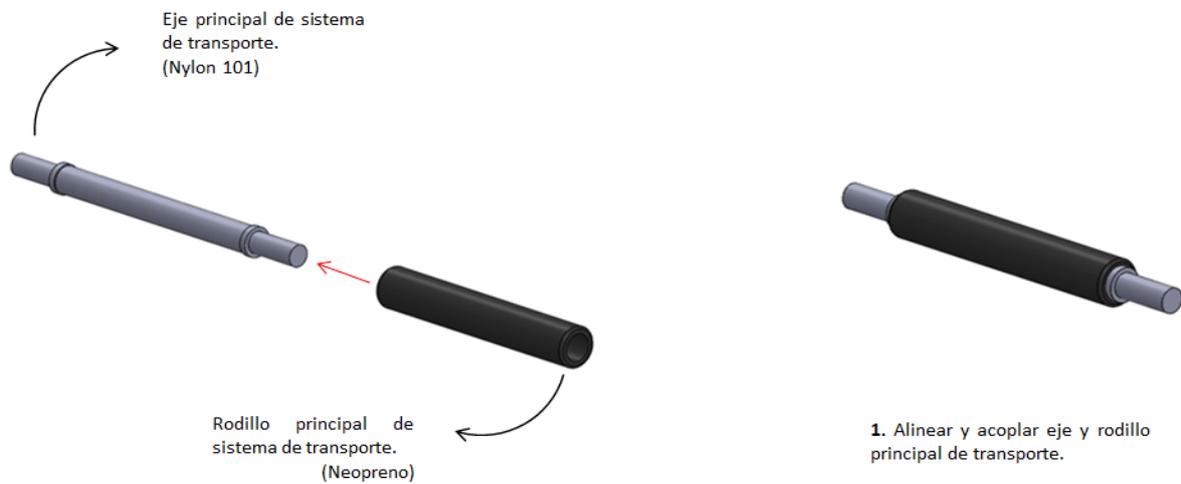


**Nota.** En la imagen se observa los pasos 3 y 4 para la correcta elaboración del acople de la pantalla inferior de policarbonato dentro de la cámara de desinfección acompañados de una explicación gráfica.

- Ensamble y acople del sistema de transporte de la cámara de desinfección.

### Figura 171.

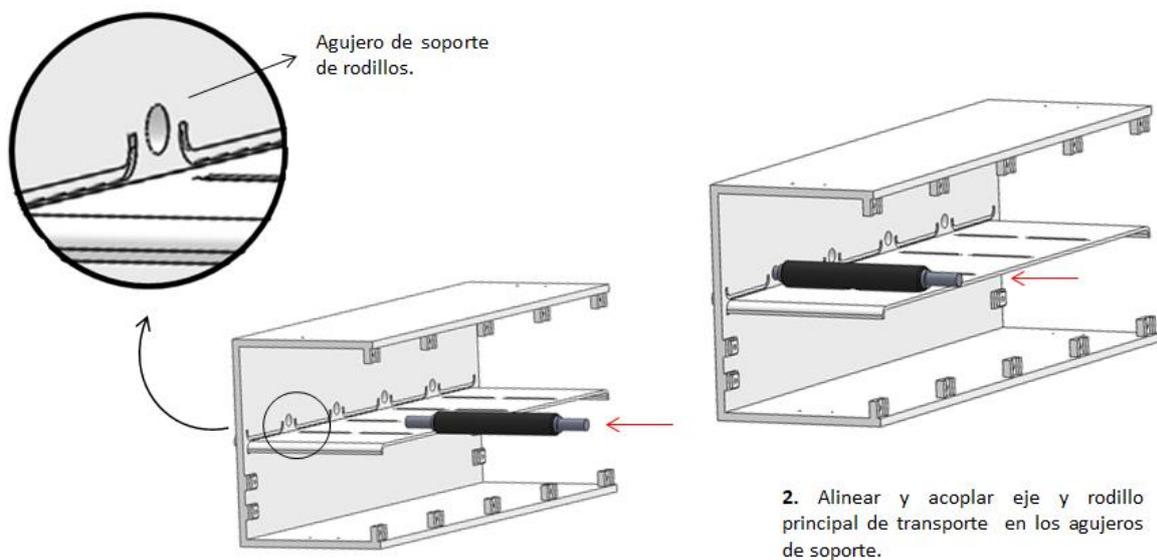
*Acople de rodillos y ejes principales de transporte.*



**Nota.** En la imagen se ilustra el primer paso de acople del sistema de transporte, además realiza una identificación de los componentes principales.

### Figura 172.

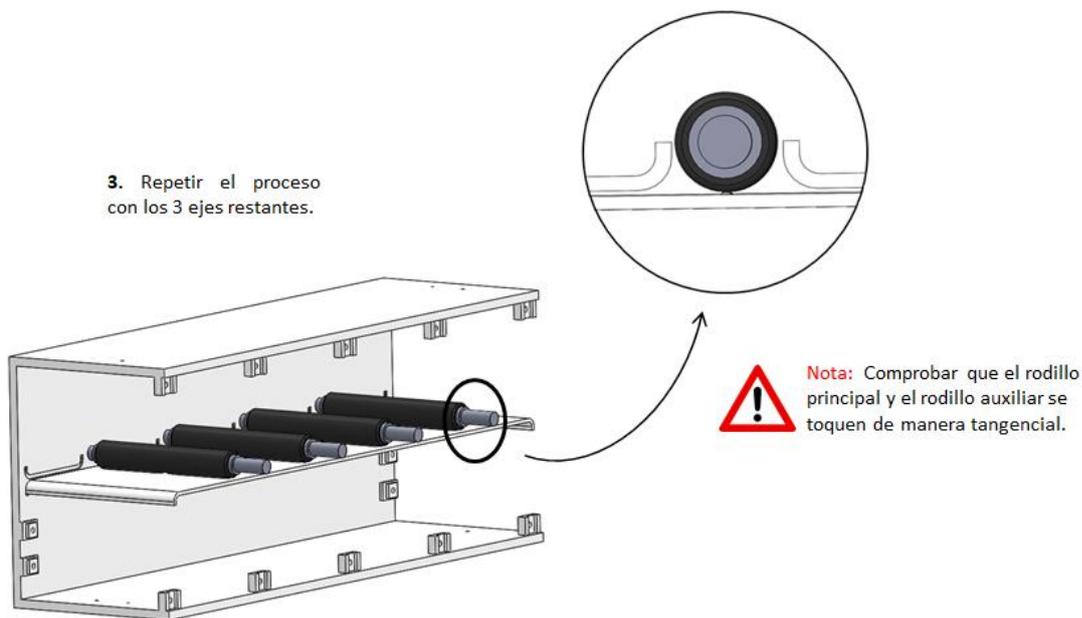
*Acople de rodillos y ejes principales de transporte en carcasa de cámara de desinfección.*



**Nota.** En la imagen se ilustra el segundo paso de acople del sistema de transporte, además realiza una identificación de partes y sistemas esenciales para el acople.

**Figura 173.**

*Acople de rodillos y ejes principales de transporte en carcasa de cámara de desinfección.*

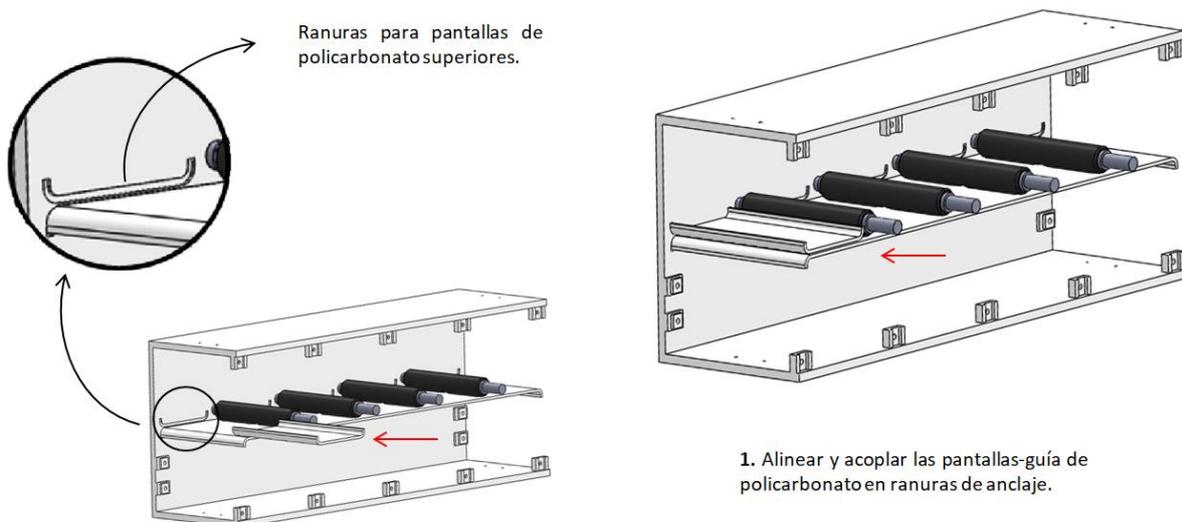


**Nota.** En la imagen se ilustra el tercer paso de acople del sistema de transporte, además ilustra una nota aclaratoria para culminar con el proceso de manera correcta.

- Ensamble y acople pantallas-guía de policarbonato superiores.

**Figura 174.**

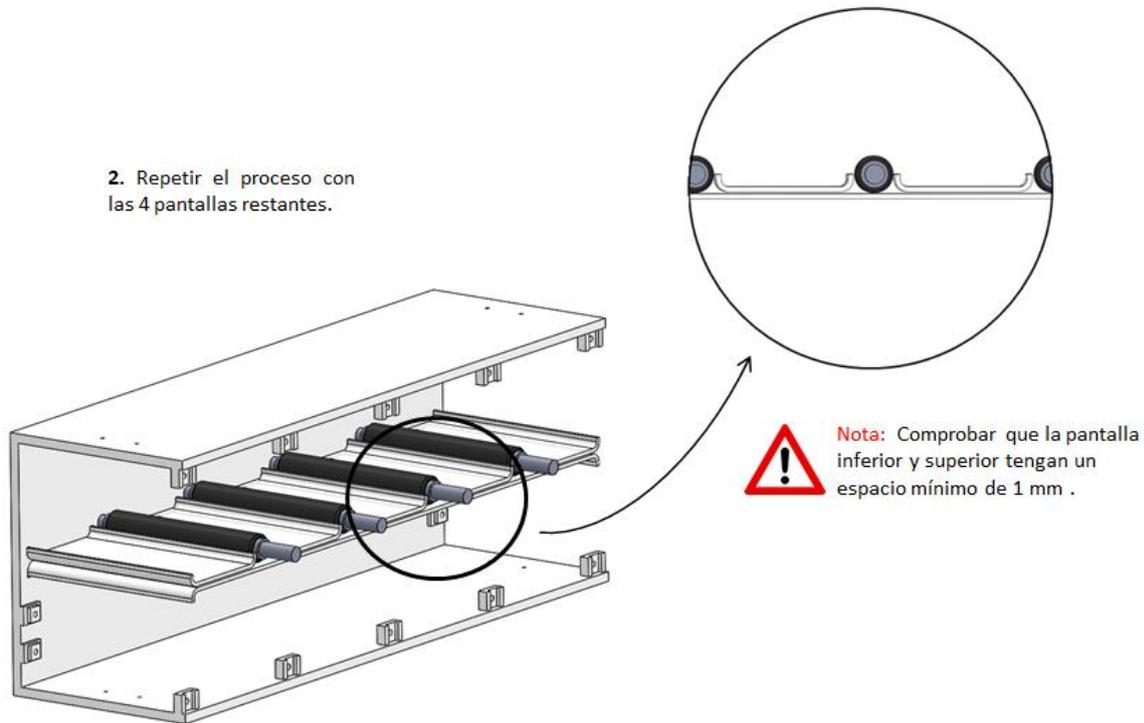
*Acople de pantallas-guía superiores de policarbonato en la cámara de desinfección.*



**Nota.** En la imagen se ilustra el primer paso de acople de las pantallas superiores de policarbonato, además realiza una identificación de sistemas esenciales para el acople.

### Figura 175.

Acople de pantallas-guía superiores de policarbonato en la cámara de desinfección.



**Nota.** En la imagen se ilustra el segundo paso de acople de las pantallas-guía de policarbonato, además ilustra una nota aclaratoria para culminar con el proceso de manera correcta.

- Ensamble del sistema de desinfección.

### Figura 176.

Ensamble del sistema de desinfección por radiación UV-C.

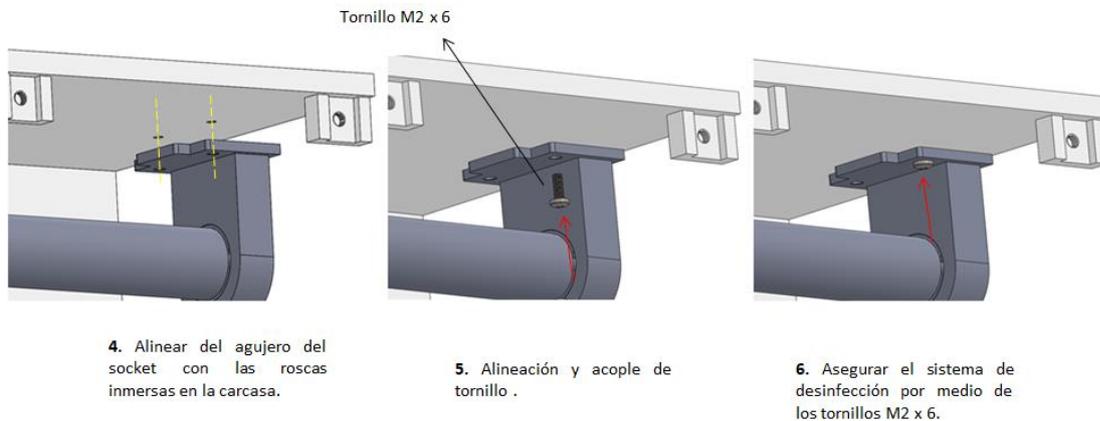


**Nota.** En la imagen se ilustran los pasos concretos de ensamble de las lámparas de desinfección en su respectivo sistema de electricidad y base (SOCKET).

- Acople del sistema de desinfección.

### Figura 177.

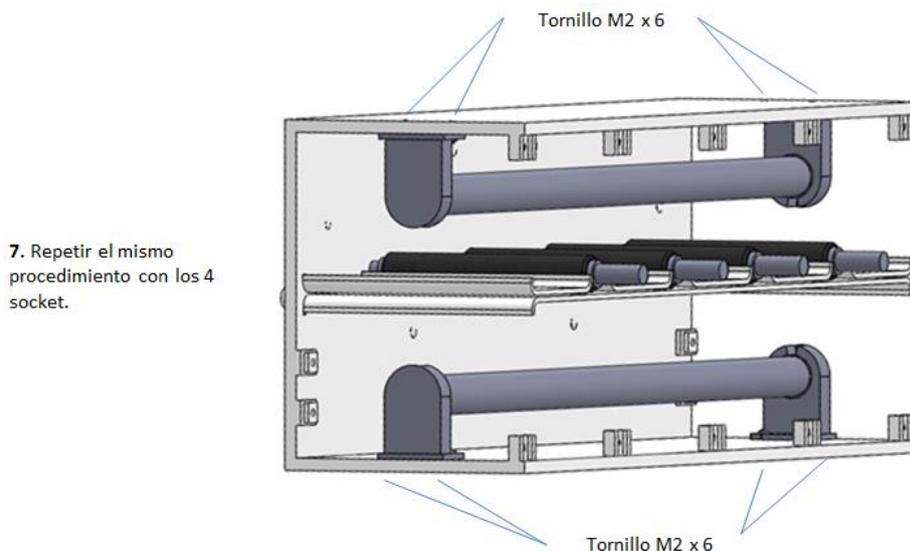
Acople del sistema de desinfección por radiación UV-C a cámara de desinfección.



**Nota.** En la imagen se ilustran los pasos concretos del acople del sistema de desinfección a la cámara de desinfección, además especifica el sistema de unión utilizado.

### Figura 178.

Acople final del sistema de desinfección por radiación UV-C en la cámara de desinfección.



**Nota.** En la imagen se ilustra el séptimo paso para concretar el ensamble y acople del sistema de desinfección en la cámara de desinfección, además especifica el sistema de unión utilizado.

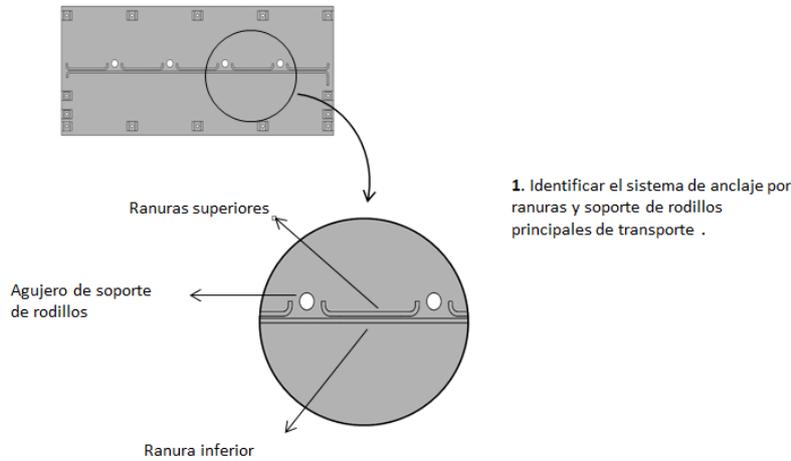
#### Nota de ensamble:

Para el acople y ensamble del sistema de desinfección se utilizan 4 tornillos por cada tubo de radiación UV-C, por ende, se utilizan 8 tornillos M2 X 6 en total para el sistema de desinfección.

- Ensamble y acople de la tapa de cámara de desinfección.

### Figura 179.

#### Identificación de ranuras de acople.

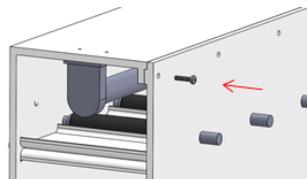
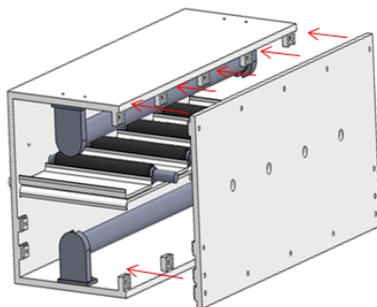


**Nota.** En la imagen se observa la identificación de los diferentes puntos de acople que lleva la tapa de la cámara de desinfección.

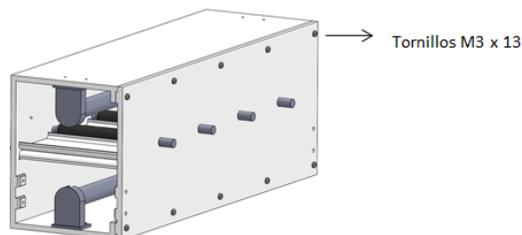
### Figura 180.

#### Ensamble y acople de la tapa en la cámara de desinfección.

2. Alinear y acoplar el sistema de transporte y desinfección con la tapa de la cámara de desinfección .



3. Alinear y acoplar los tornillos M3 x 13.



4. Asegurar el sistema de desinfección por medio de los tornillos M3 x 13.

**Nota.** En la imagen se observan los pasos correspondientes al ensamble y acople de la tapa en el sistema de la cámara de desinfección, y especifica el sistema de unión utilizado.

#### Nota del ensamble:

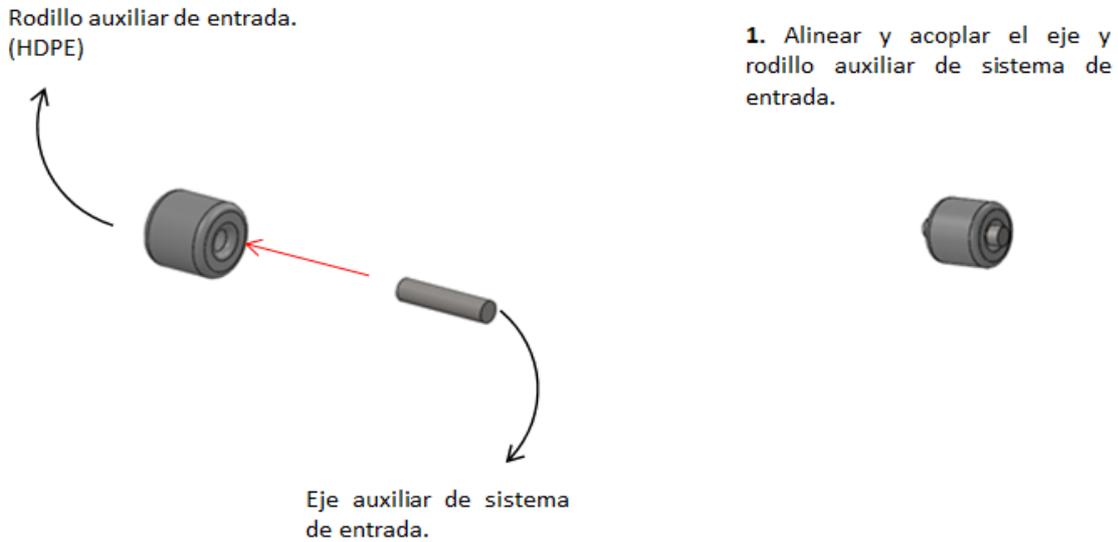
Para el acople y ensamble de la tapa de la cámara de desinfección se utilizan en total 10 tornillos de referencia M3 x 13.

#### 4.1.2.b Ensamble de las guías de entrada y salida de la cámara de desinfección

- Ensamble y acople de guía de entrada a la cámara de desinfección.

**Figura 181.**

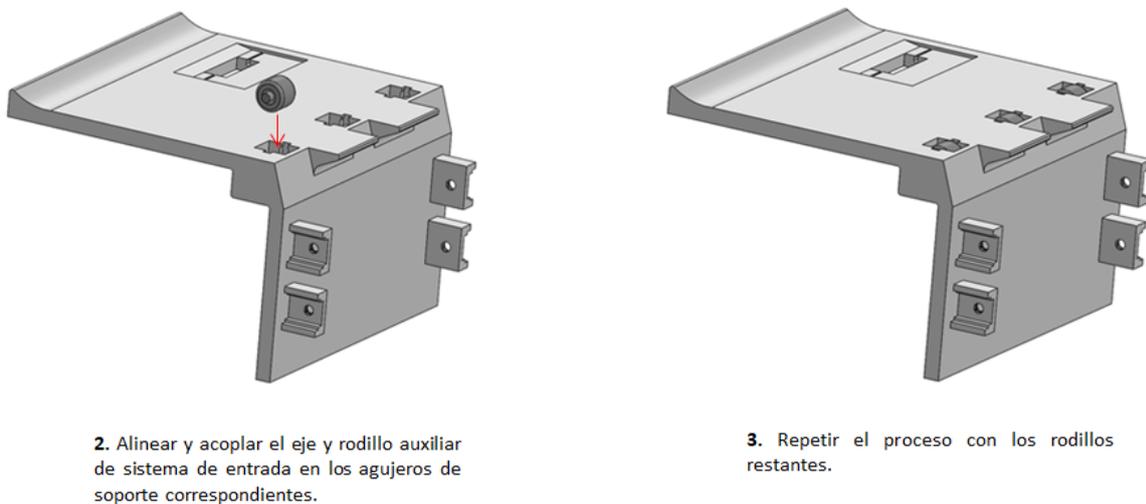
*Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de entrada.*



**Nota.** En la imagen se observa el primer paso para el ensamble y acople de la guía de entrada, además de esto especifica las piezas correspondientes para el proceso.

**Figura 182.**

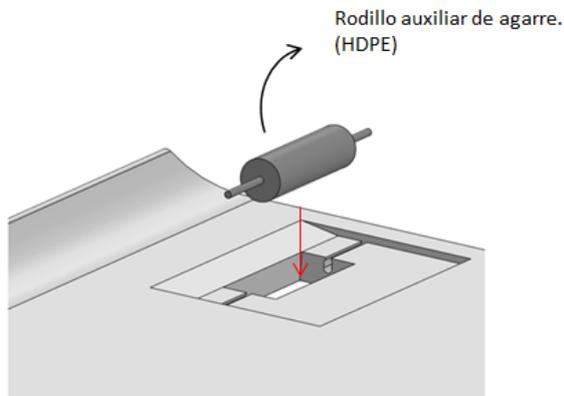
*Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar del sistema de entrada.*



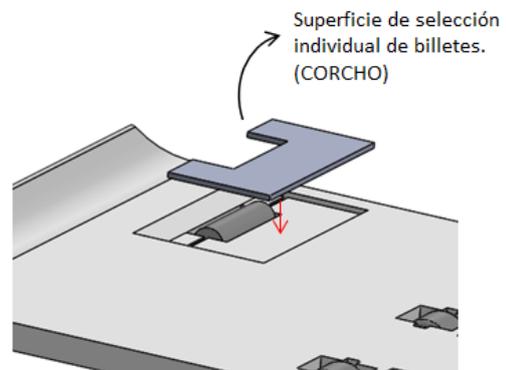
**Nota.** En la imagen se observa el segundo y tercer paso para el ensamble y acople de la guía de entrada.

### Figura 183.

Ensamble y acople de sistema auxiliar de agarre en la guía de entrada.



4. Alinear y acoplar el rodillo auxiliar de agarre .



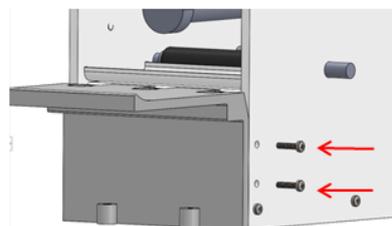
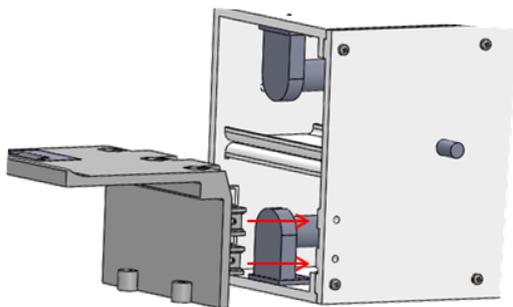
5. Alinear y acoplar la superficie de selección.

**Nota.** En la imagen se observa el 4 y 5 paso para el ensamble y acople de la guía de entrada, además de esto especifica las piezas necesarias.

### Figura 184.

Ensamble y acople de la guía de entrada en la cámara de desinfección.

6. Alinear y acoplar el sistema de transporte y desinfección con la tapa de la cámara de desinfección .



7. Alinear y acoplar los tornillos M3 x 13.



8. Asegurar el sistema de entrada por medio de los tornillos M3 x 13.

**Nota.** En la imagen se observan los pasos finales para realizar el acople de la guía de entrada en la cámara de desinfección, además de esto especifica el sistema de unión utilizado.

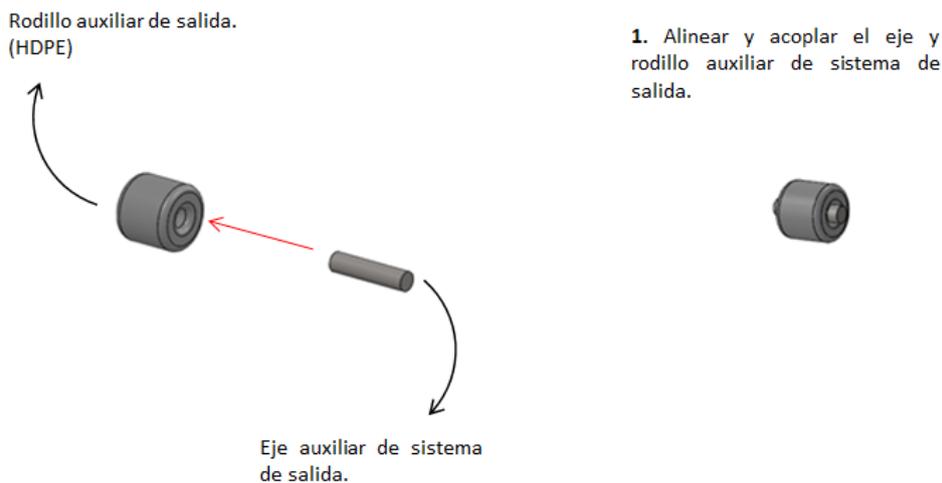
## Nota del ensamble

Para el ensamble y acople de la guía de entrada en la cámara de desinfección se utilizan en total 4 tornillos M3 x 13.

- Ensamble y acople de guía de salida a la cámara de desinfección.

### Figura 185.

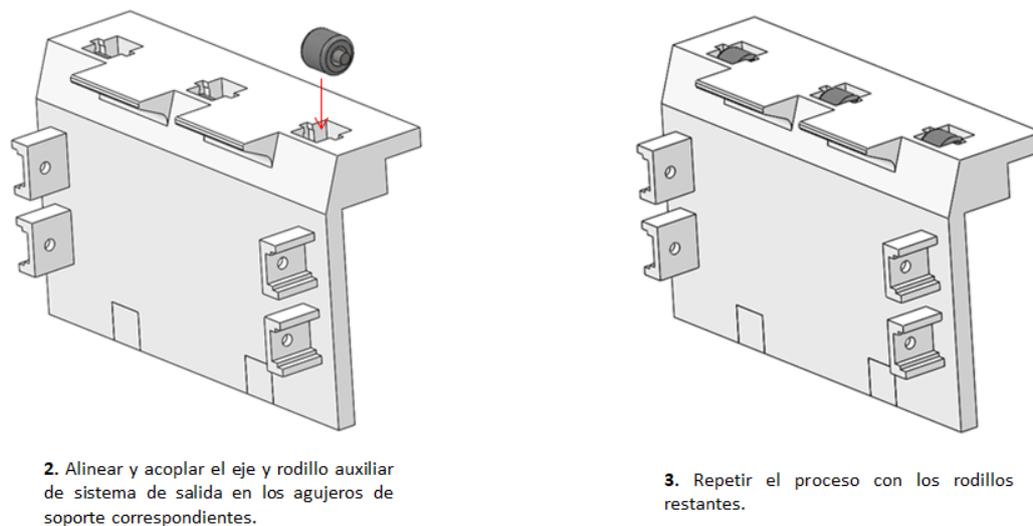
*Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de salida.*



**Nota.** En la imagen se observa el primer paso para el ensamblaje y acople de la guía de salida, además de esto especifica las piezas correspondientes para el proceso.

### Figura 186.

*Ensamble y acople del rodillo y el eje auxiliar de sistema de salida.*

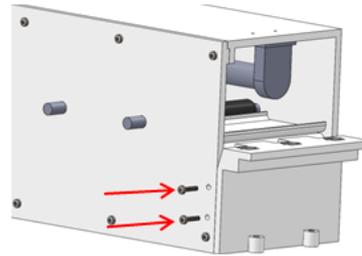
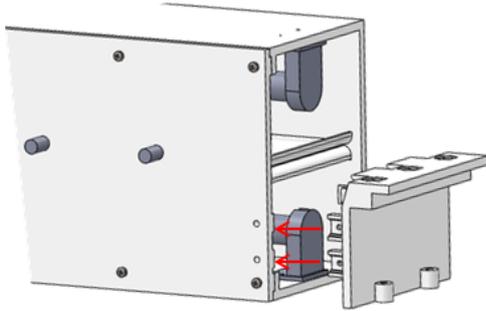


**Nota.** En la imagen se observa el 2 y 3 pasos para el ensamblaje y acople de la guía de salida.

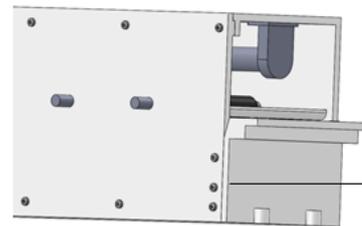
## Figura 187.

*Ensamble y acople de la guía de salida en la cámara de desinfección.*

4. Alinear y acoplar el sistema de transporte y desinfección con la tapa de la cámara de desinfección.



5. Alinear y acoplar los tornillos M3 x 13.



→ Tornillos M3 x 13

6. Asegurar el sistema de entrada por medio de los tornillos M3 x 13.

**Nota.** En la imagen se observan los pasos finales para realizar el acople de la guía de salida en la cámara de desinfección, además de esto especifica el sistema de unión utilizado.

### Nota del ensamble

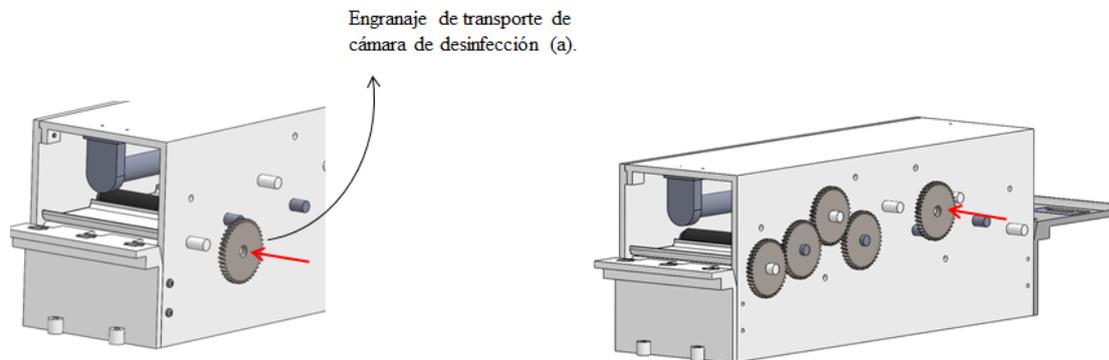
Para el ensamble y acople de la guía de salida en la cámara de desinfección se utilizan en total 4 tornillos M3 x 13.

#### 4.1.2.c Ensamble del sistema de transmisión de potencia

- Ensamble y acople de tren de engranajes del sistema principal de transporte de la cámara de desinfección.

**Figura 188.**

*Ensamble y acople de tren de engranaje completo.*



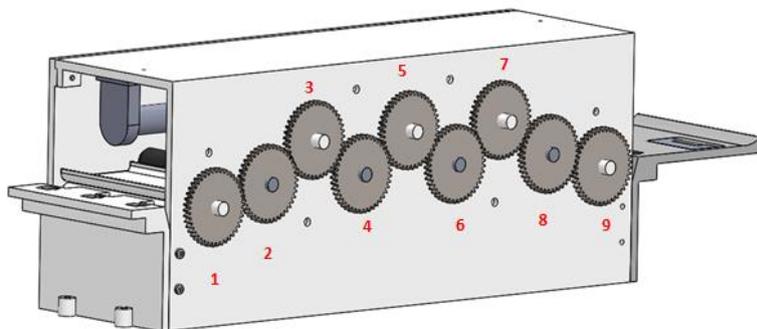
1. Alinear y acoplar el sistema de potencia del sistema de transporte de cámara de desinfección por medio de los engranajes de potencia y engranajes locos.

2. Repetir el proceso con los engranajes restantes del sistema de transporte de la cámara de desinfección.

**Nota.** En la imagen se observan los pasos 1 y 2 del ensamble del sistema de transmisión de potencia principal, además identifica las piezas que lo componen.

**Figura 189.**

*Identificación del tren de engranajes.*



**Nota.** En la imagen se observan la identificación del tren de engranajes del sistema de transporte de la cámara de desinfección.

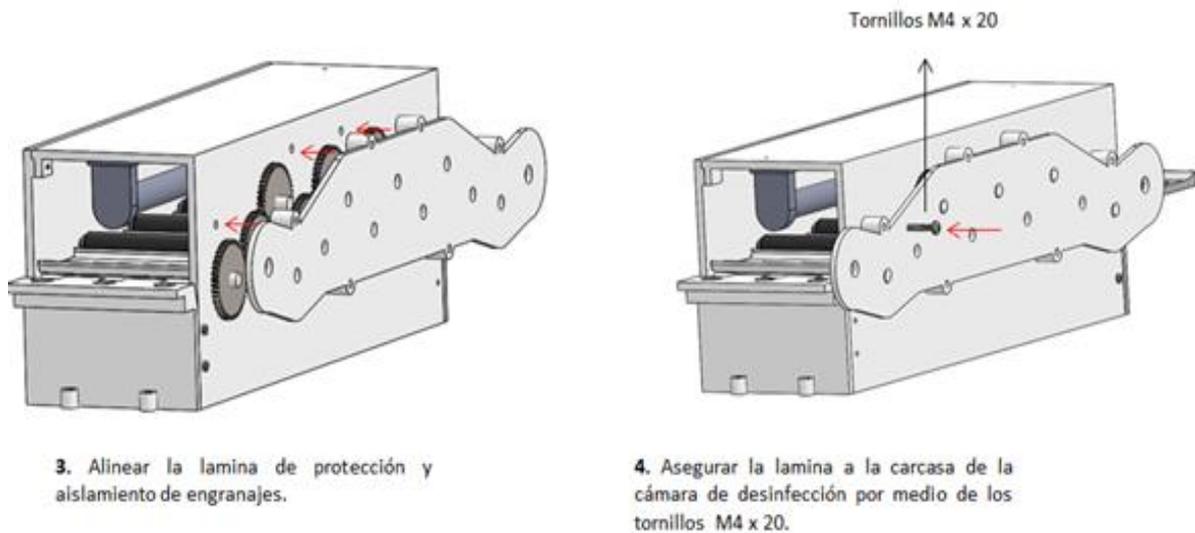
**Notas del ensamble:**

Para el ensamble de todos los engranajes de transmisión de la máquina (engranajes número 2,4,6,8), se utiliza el pegamento especial Loctite 648 aplicado sobre la superficie de contacto entre el eje y los engranajes, asegurando además que el engranaje y el eje se encuentre en una tolerancia de tipo apriete mínimo.

- Engranajes 2, 4, 6 y 8 de transmisión de potencia a los ejes principales de cámara de desinfección.
- Engranajes 1, 3, 5, 7 y 9 locos de conservación de dirección de giro de los engranajes de transmisión de potencia.

**Figura 190.**

*Ensamble y acople de tapa de protección del tren de engranaje.*



**Nota.** En la imagen se observan los pasos 3 y 4 del ensamble del sistema de transmisión de potencia principal, además de esto especifica el sistema de unión utilizado.

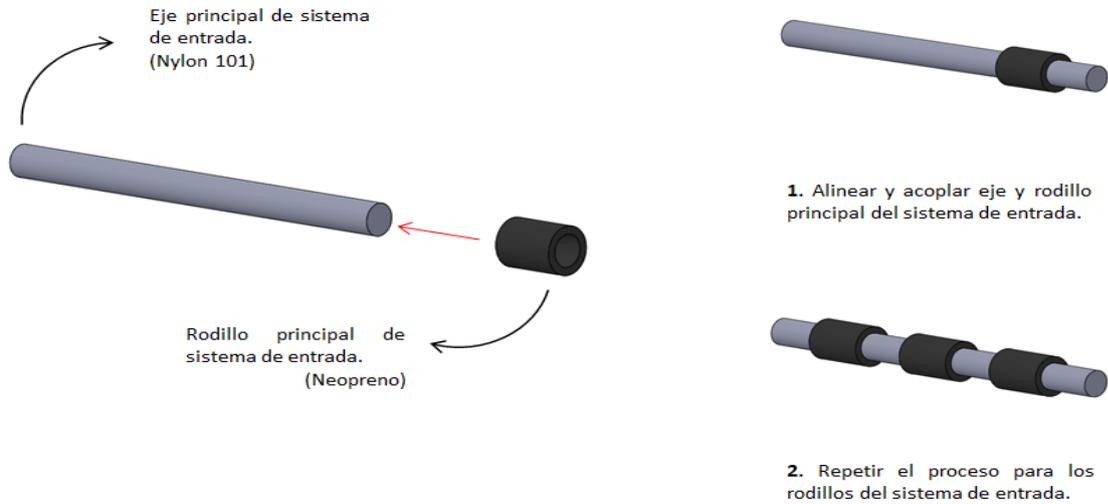
**Nota del ensamble**

Para el ensamble y acople de la tapa de protección del tren de engranajes se utilizan en total 6 tornillos M4 x 20.

- Ensamble y acople de sistemas principales de entrada y salida a la cámara de desinfección.

**Figura 191.**

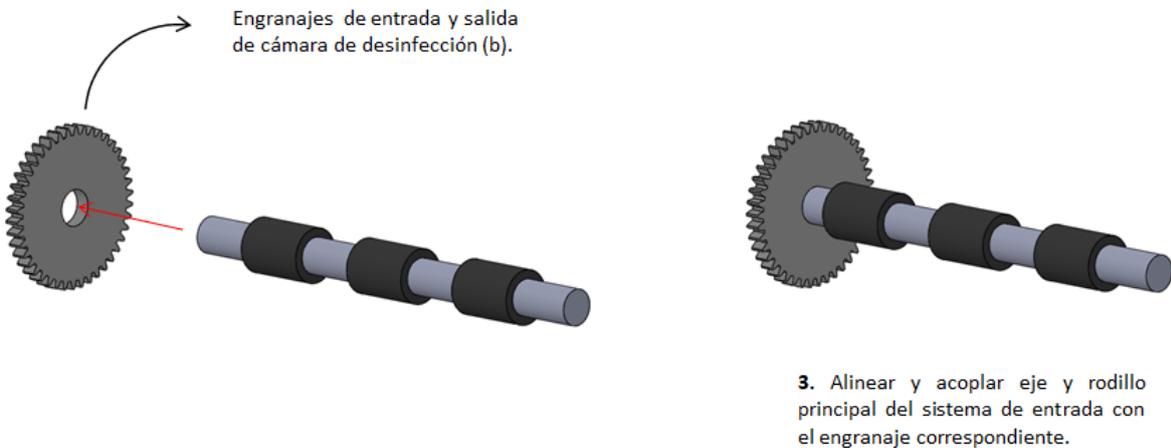
*Ensamble y acople de eje y rodillos de entrada y salida.*



**Nota.** En la imagen se observan los pasos de ensamble de los rodillos de entrada y salida en su respectivo eje, además especifica las piezas que componen el ensamble.

**Figura 192.**

*Ensamble y acople de engranajes de transmisión de entrada y salida.*



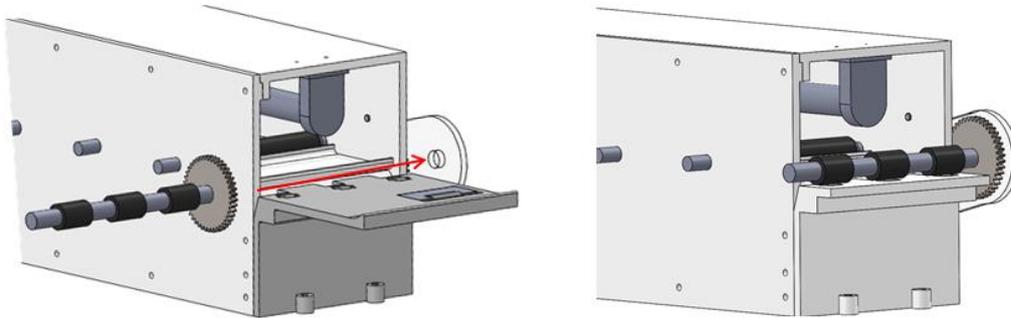
**Nota.** En la imagen se observa el proceso de acople del engranaje correspondiente en los ejes de entrada y salida, además especifica las piezas que componen el ensamble.

### **Nota del ensamble**

Para el ensamble del engranaje descrito en la figura 108, se utiliza el pegamento especial Loctite 648 aplicado sobre la superficie de contacto entre el eje y el engranaje, asegurando además que el engranaje y el eje se encuentre en una tolerancia de tipo apriete mínimo.

**Figura 193.**

*Ensamble y acople de los sistemas de entrada y salida a la cámara de desinfección.*



**4.** Alinear y acoplar sistema de entrada con lamina de protección y aislamiento de engranajes.

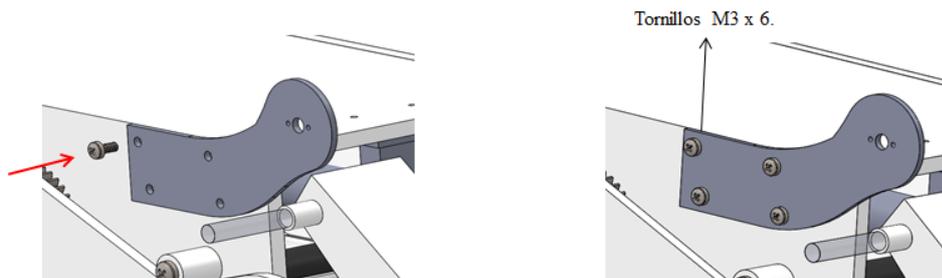
**Nota.** En la imagen se observa el acople de los ejes en los agujeros de acople en la lámina de protección de engranajes.

**Nota del ensamble:** Repetir procedimiento del sistema de entrada a la cámara de desinfección en sistema de salida de la cámara de desinfección.

#### 4.1.2.d Ensamble de lámina de sujeción del motor

**Figura 194.**

*Ensamble y acople de la lámina de sujeción del motor.*



**1.** Alinear y acoplar la lamina de sujeción del motor.

**2.** Asegurar la lamina a la cámara de desinfección por medio de los tornillos M3 x 6.

**Nota.** En la imagen se observa el ensamble de la lámina encargada de sostener el motor, además especifica el sistema de unión utilizado.

#### **Nota del ensamble**

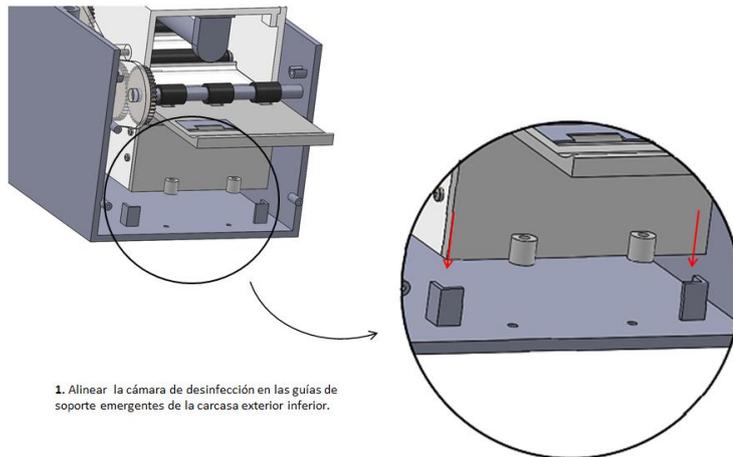
Para el ensamble y acople de la lámina de sujeción del motor se utilizan en total 4 tornillos M3 x 6.

#### 4.1.2.e Ensamble de la cámara de desinfección en carcasa exterior e interior

- Ensamble y acople de cámara de desinfección y sistemas asociados, a la carcasa exterior inferior.

**Figura 195.**

*Alineación de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.*

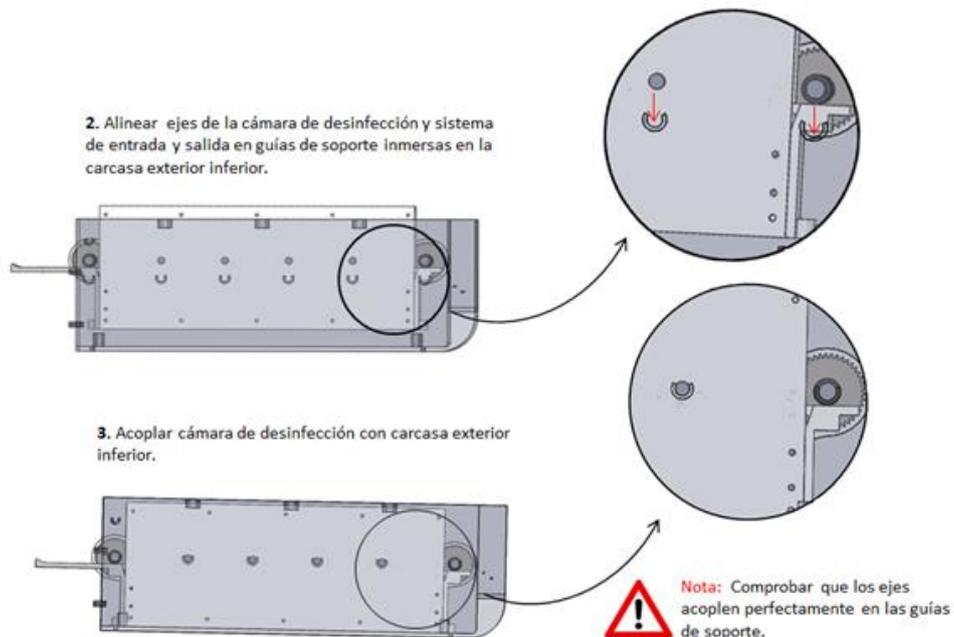


1. Alinear la cámara de desinfección en las guías de soporte emergentes de la carcasa exterior inferior.

**Nota.** En la imagen se observan la correcta alineación de la cámara de desinfección y los sistemas ensamblados hasta el momento en la carcasa exterior inferior para su acople.

**Figura 196.**

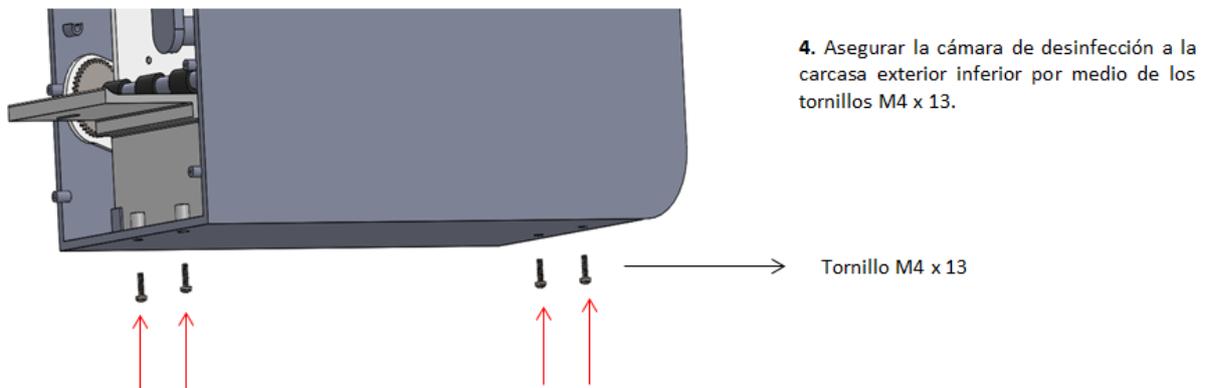
*Acople de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.*



**Nota.** En la imagen se observan el acople de la cámara, en concreto de los ejes principales de transporte en la carcasa exterior inferior, además da una nota aclaratoria para culminar el proceso de manera asertiva.

### Figura 197.

*Ensamble y fijación de la cámara de desinfección en la carcasa exterior.*



**Nota.** En la imagen se observan el ensamble final de la cámara de desinfección en la carcasa exterior inferior, además especifica el sistema de unión utilizado para el ensamble.

#### Nota del ensamble

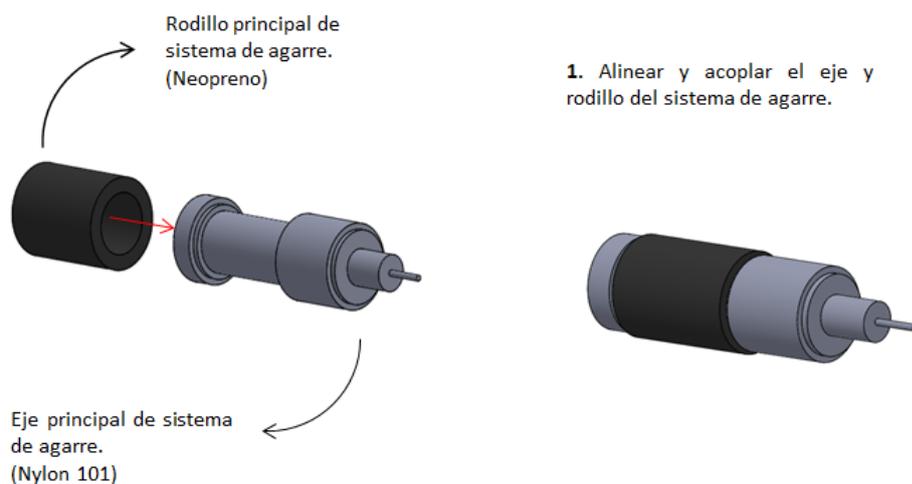
Para el ensamble y fijación de la cámara de desinfección en la carcasa exterior se utilizan en total 4 tornillos M4 x 13.

#### 4.1.2.f Ensamble y acople del sistema de agarre

- Ensamble y acople de rodillo y eje principal de agarre.

### Figura 198.

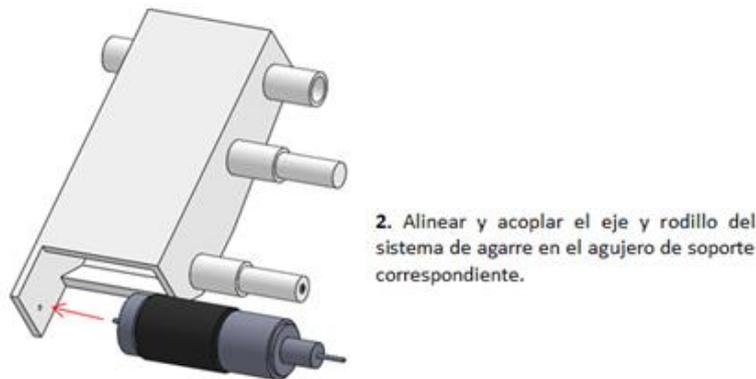
*Ensamble y acople de rodillo y eje principal de sistema de agarre.*



**Nota.** En la imagen se observa el ensamble y acople del rodillo principal del sistema de agarre en su respectivo eje, además de esto identifica las piezas utilizadas en el ensamble.

**Figura 199.**

*Ensamble de rodillo y eje principal de sistema de agarre en la estructura de agarre.*



**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje del rodillo y eje principal del sistema de agarre en su respectiva estructura.

**Figura 200.**

*Ensamble de eje de transmisión de potencia en estructura de sistema de agarre.*

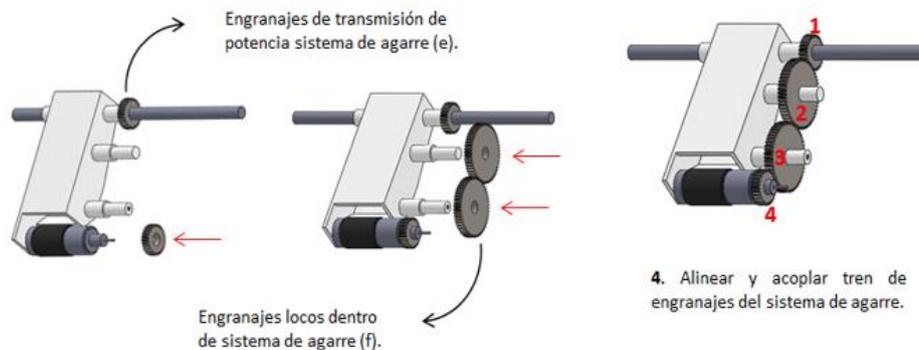


3. Alinear y acoplar el eje de transmisión de potencia a la estructura de soporte del sistema de agarre.

**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje del eje de transmisión de potencia en la estructura del sistema de agarre.

**Figura 201.**

*Ensamble y acople de tren de engranajes del sistema de agarre.*



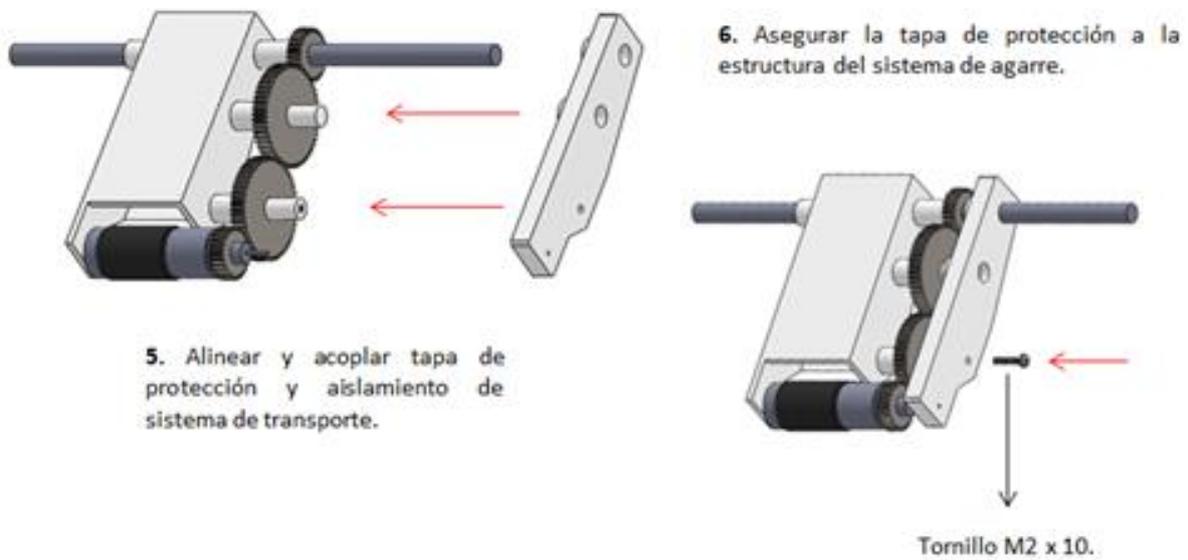
**Nota.** En la imagen se observan el ensamblaje y acople del tren de engranajes del sistema de agarre, además especifica las piezas necesarias para llevar a cabo el ensamblaje.

### Nota del ensamble

Para el ensamble de todos los engranajes de transmisión de la máquina (engranajes número 1,4 según figura 117), se utiliza el pegamento especial Loctite 648 aplicado sobre la superficie de contacto entre el eje y los engranajes, asegurando además que el engranaje y el eje se encuentre en una tolerancia de tipo apriete mínimo.

### Figura 202.

*Ensamble y acople de tapa de la estructura de sistema de agarre.*



**Nota.** En la imagen se observa el ensamble y acople de la tapa de la estructura general del sistema de agarre además especifica el sistema de unión utilizado para realizar el ensamble.

### Nota de ensamble

Para el ensamble y acople de tapa de estructura de sistema de agarre se utilizó 1 tornillo M2 x 10.

### Figura 203.

*Ensamble y acople de engranaje de reducción de motor.*



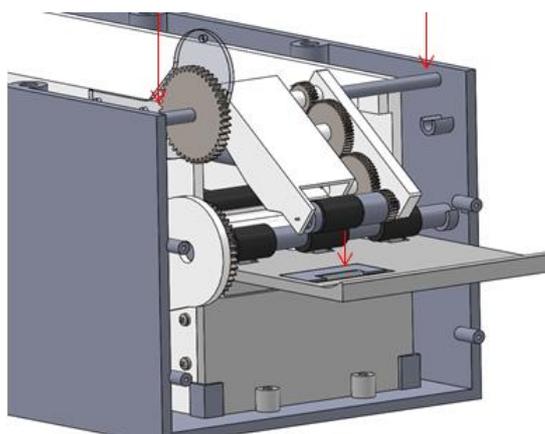
**Nota.** En la imagen se observan el ensamble y acople del engranaje de reducción de motor en el eje de transmisión principal y el sistema de agarre, además de esto especifica las piezas necesarias para realizar el ensamble.

### Nota del ensamble

Para el ensamble del engranaje descrito en la figura 119, se utiliza el pegamento especial Loctite 648 aplicado sobre la superficie de contacto entre el eje y el engranaje, asegurando además que el engranaje y el eje se encuentre en una tolerancia de tipo apriete mínimo.

### Figura 204.

*Alineación del sistema de agarre en el sub-ensamble inferior.*



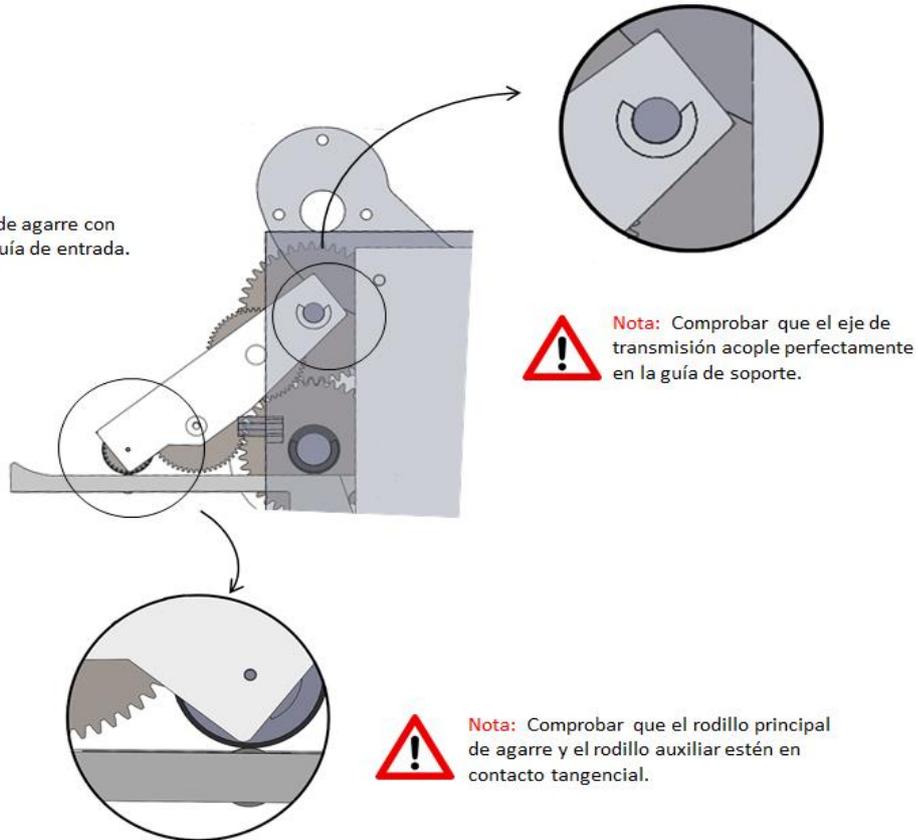
8. Alinear Sistema de agarre en las guías emergentes de la carcasa exterior inferior y con sistema de auxiliar de agarre de la guía de entrada.

**Nota.** En la imagen se observa la alineación apropiada del sistema de agarre completo en el sub-ensamble inferior de la máquina de desinfección.

## Figura 205.

Ensamble y acople del sistema de agarre en el sub-ensamblado inferior.

9. Acoplar sistema de agarre con carcasa exterior y guía de entrada.



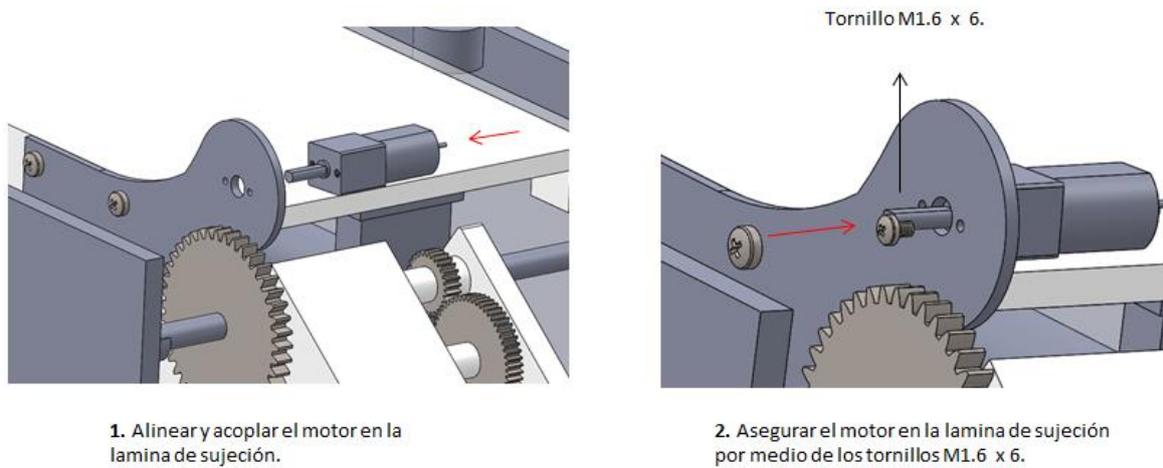
**Nota.** En la imagen se observa el acople del sistema de agarre, en concreto del eje principal de transmisión de potencia en la carcasa exterior inferior y del sistema de rodillos de agarre principal y auxiliar, además da notas aclaratorias para culminar el proceso de manera asertiva.

### 4.1.2.g Ensamble y acople del motor

- Ensamble y acople del motor y sistema de transmisión en la lámina de sujeción que corresponde.

### Figura 206.

*Ensamble y acople del motor en la lámina de sujeción correspondiente.*



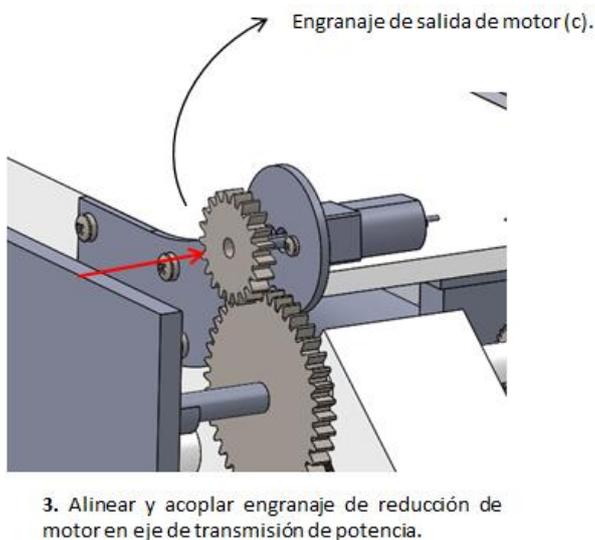
**Nota.** En la imagen se observa el ensamble y acople del motor en la lámina de sujeción del mismo, además especifica el sistema de unión utilizado para realizar el ensamble.

### Nota de ensamble

Para el ensamble y acople del motor en la lámina de sujeción se utilizaron 2 tornillos M1,6x6.

### Figura 207.

*Acople del sistema de transmisión de potencia del motor.*



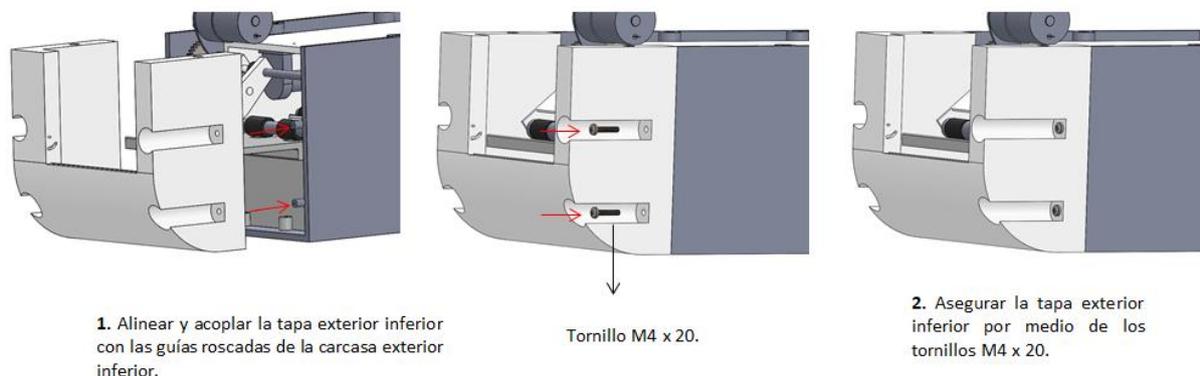
**Nota.** En la imagen se observan el acople del sistema de transmisión de potencia del motor, además especifica las piezas necesarias para llevar a cabo el acople.

#### 4.1.2.h Ensamble y acople de tapa exterior interior

- Ensamble y acople de la tapa exterior inferior en la carcasa exterior inferior y los sistemas anteriormente acoplados.

## Figura 208.

*Ensamble y acople de la tapa exterior inferior de la máquina de desinfección.*



**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje y acople de la tapa exterior inferior de la máquina de desinfección, además especifica el sistema de unión utilizado para el ensamblaje.

### Nota de ensamblaje

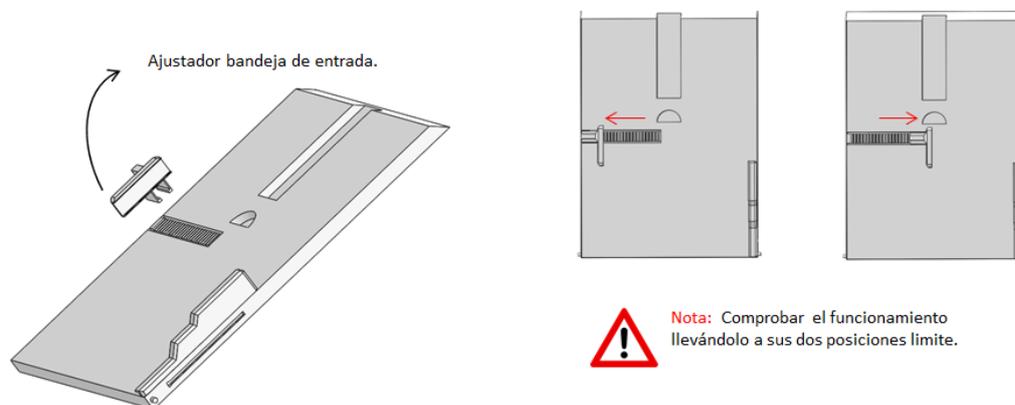
Para el ensamblaje y acople de la tapa exterior inferior de la máquina de desinfección se utilizan en total 4 tornillos M4 x 20.

#### 4.1.2.i Ensamblaje y acople de bandejas de entrada y salida

- Ensamblaje y acople de la bandeja de entrada y sus componentes.

## Figura 209.

*Ensamblaje de componentes de la bandeja de entrada.*

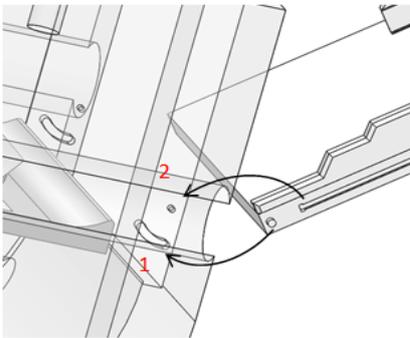


1. Acoplar y asegurar el ajustador manual del sistema de bandeja de entrada.

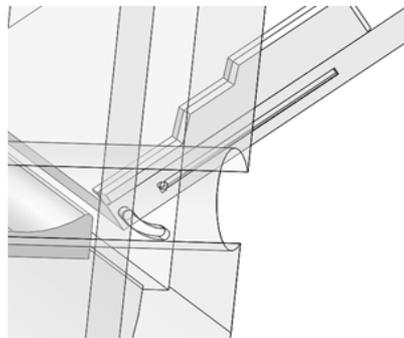
**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje del ajustador de la bandeja de entrada, además da una nota aclaratoria para culminar el proceso de ensamblaje.

## Figura 210.

Ensamble y acople de la bandeja de entrada en el sub-ensamble inferior.



2. Acoplar y asegurar el eje saliente de la bandeja de entrada en la ranura inmersa en la tapa exterior inferior .



3. Acoplar y asegurar la ranura de deslizamiento de la bandeja de entrada en el eje saliente de la tapa exterior inferior.



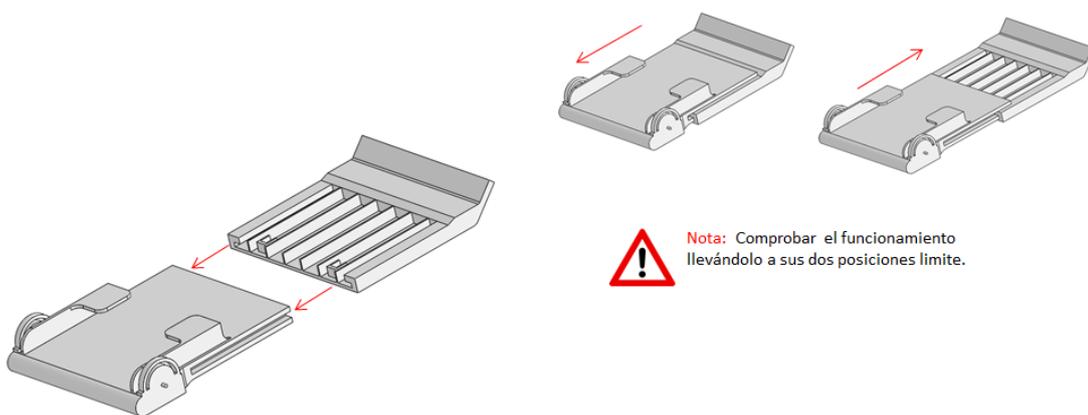
**Nota:** Comprobar el funcionamiento llevándolo a sus dos posiciones límite.

**Nota.** En la imagen se observa el ensamble y acople de la bandeja de entrada en el sub-ensamble inferior, además da una nota aclaratoria para culminar el proceso de ensamble.

- Ensamble y acople de la bandeja de salida y sus componentes.

## Figura 211.

Ensamble de componentes de la bandeja de salida.



1. Acoplar y asegurar la extensión de la bandeja de salida.

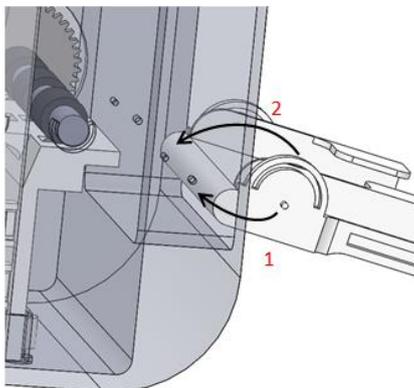


**Nota:** Comprobar el funcionamiento llevándolo a sus dos posiciones límite.

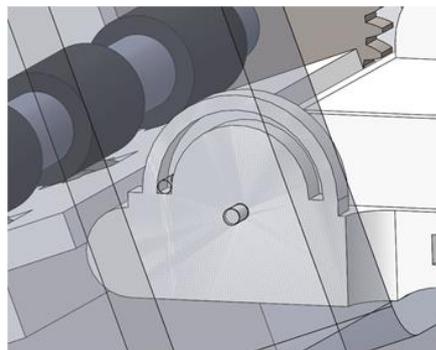
**Nota.** En la imagen se observa el ensamble de la extensión de la bandeja de salida, además da una nota aclaratoria para culminar el proceso de ensamble.

**Figura 212.**

*Ensamble y acople de la bandeja de salida en el sub-ensamble inferior.*



2. Acoplar y asegurar el eje saliente de la bandeja de salida en la ranura inmersa en la carcasa exterior inferior .



3. Acoplar y asegurar la ranura de deslizamiento de la bandeja de salida en el eje saliente de la carcasa exterior inferior.



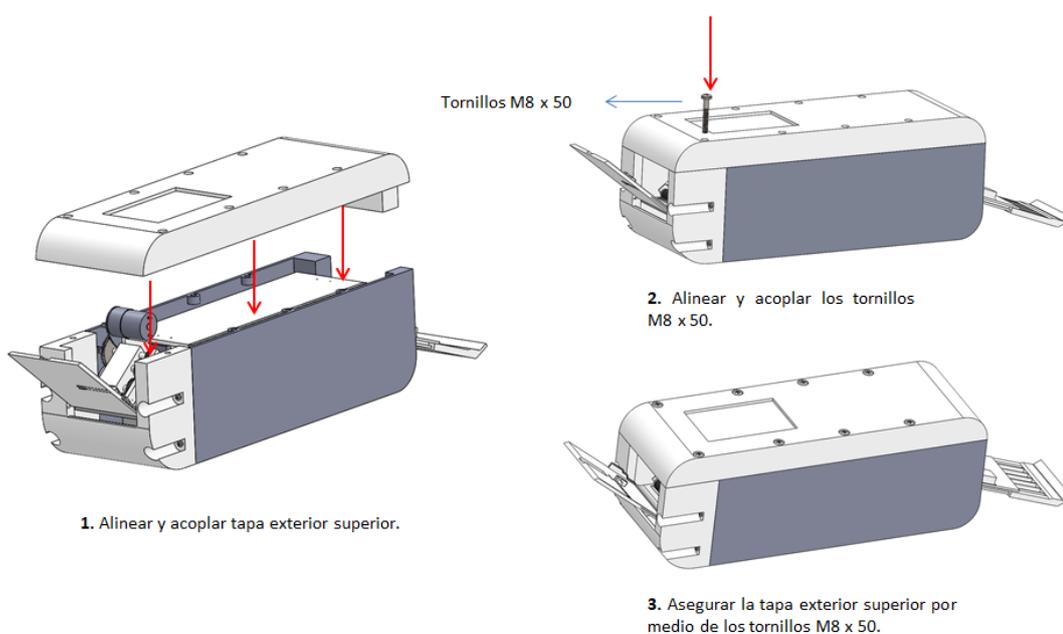
**Nota:** Comprobar el funcionamiento llevándolo a sus dos posiciones límite.

**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje y acople de la bandeja de salida en el sub-ensamble inferior, además una nota aclaratoria para culminar el proceso de ensamblaje.

#### 4.1.2.j Ensamble y acople de tapa exterior superior

**Figura 213.**

*Ensamble y acople de la tapa exterior superior de la máquina de desinfección.*



**Nota.** En la imagen se observa el ensamblaje y acople de la tapa exterior superior de la máquina, además especifica el sistema de unión utilizado para el ensamblaje.

### Nota de ensamble

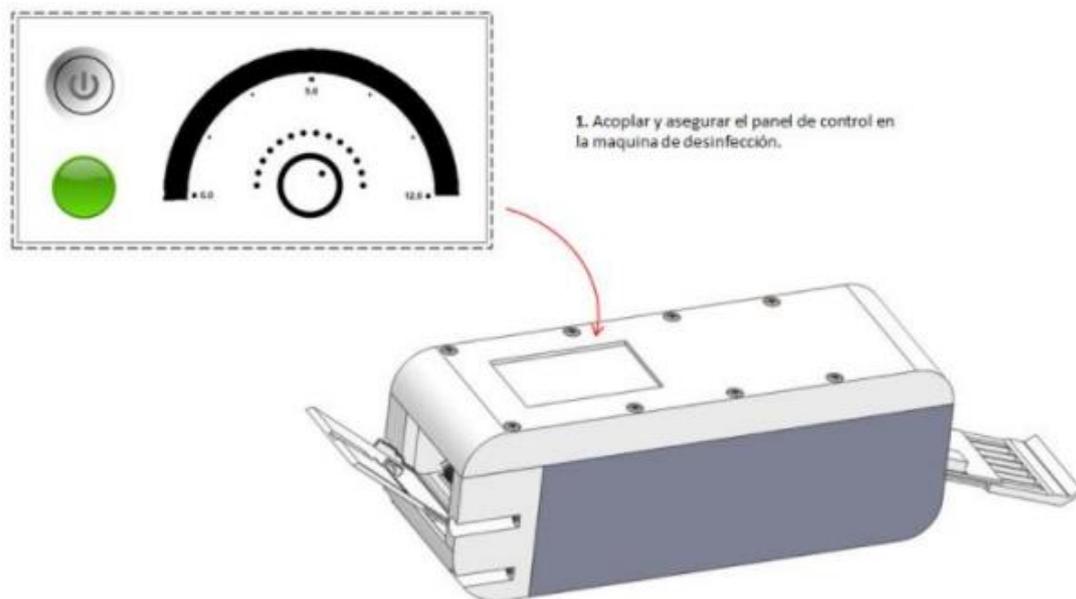
Para el ensamble y acople de la tapa exterior superior de la máquina de desinfección se utilizaron en total 8 tornillos M8 x 50.

#### 4.1.2.k Montaje e instalación eléctrica del sistema de control por Arduino.

- Realizar el correcto montaje del sistema de control por Arduino y el panel de control de la máquina de desinfección.

#### Figura 214.

*Montaje de sistema de control.*



**Nota.** En la imagen se observa el sistema de control por Arduino y su representación gráfica en el ensamble.

## 4.2 Manual de instalación

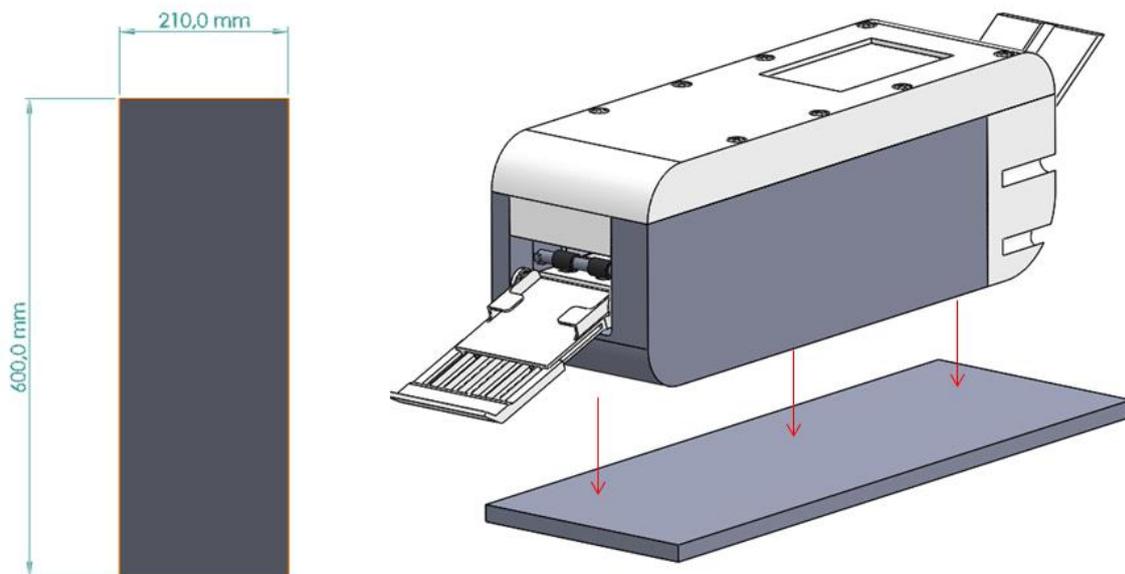
La máquina de desinfección de billetes está pensada para el fácil manejo y la ergonomía de la persona en la que este en poder la máquina, dicho esto es claro que el manual de instalación se hace de manera sencilla y lo más simplificada posible.

Para la instalación de la máquina de desinfección es necesario contar con una superficie totalmente plana de al menos 21 cm de ancho y 60 cm de largo como se muestra en la figura. Es necesario contar con una toma corriente a no más de 1,5m de distancia de la máquina de desinfección que será la fuente de alimentación de energía de la misma. Además de esto es necesario asegurar que la máquina de desinfección cuente con un ambiente apropiado para su utilización, para esto es necesario contar una ubicación que además de estar estratégicamente

ubicada para el uso de la misma (En el caso de almacenes, cajas registradoras, tiendas, etc... ), se encuentre en una zona de baja humedad, que garantice la durabilidad de la máquina, no obstruir la entrada o la salida de la máquina y al momento de la instalación de la misma abstenerse de posicionar objetos de peso sobre ella.

### Figura 215.

*Base de instalación.*



**Nota.** En la imagen se observan las dimensiones de la base y el proceso de adaptación de la máquina a la misma.

#### 4.2.1 Instalación

- Realizar el posicionamiento de la máquina de desinfección de billetes en la superficie plana.
- Seguidamente Conectar el cable de alimentación eléctrica al tomacorriente.
- Comprobar el encendido de la máquina de desinfección.

#### 4.3 Manual de operación

La máquina de desinfección de luz ultravioleta, está diseñada para tener una compatibilidad bivoltaje de dónde saca la energía eléctrica, con ayuda del panel de control y el sistema de control se accionan los sistemas de la máquina, empezando por el sistema de agarre, el sistema de transporte y el sistema de desinfección quienes son los principales sistemas de la máquina y en conjunto de sus subsistemas cumplen con el objetivo de desinfectar de manera efectiva el billete.

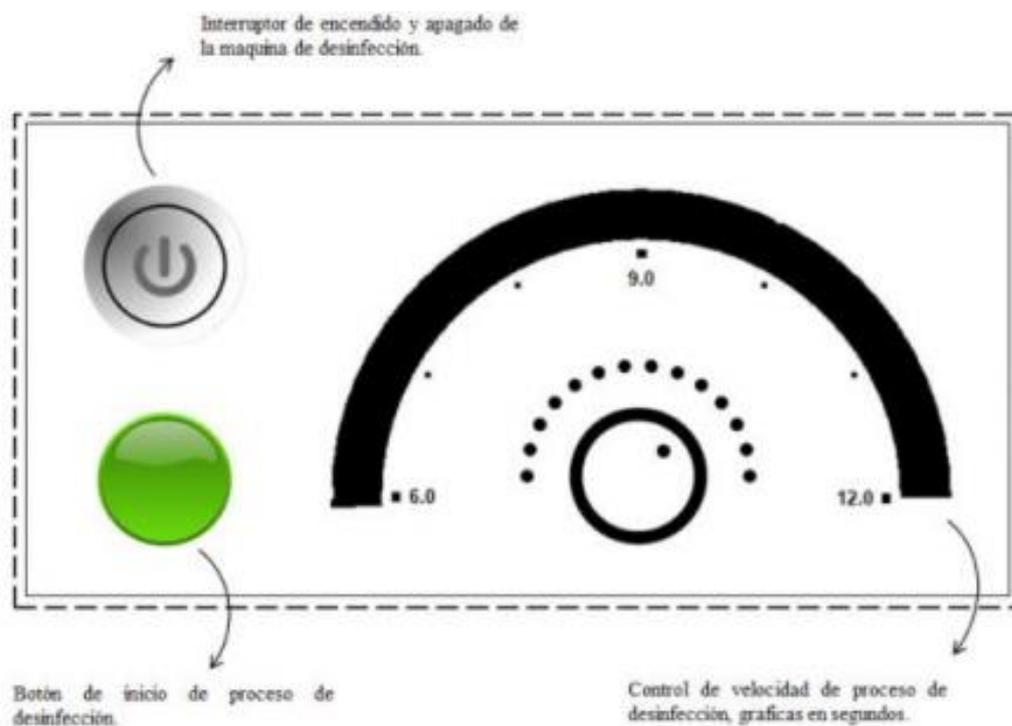
Al igual que el proceso de instalación de la máquina, la operación de la misma se diseñó pensando en que un individuo promedio de la sociedad tenga la capacidad de operar la máquina de desinfección.

Una vez conectada e instalada la máquina se procede a activar el funcionamiento de la máquina de desinfección:

#### 4.3.1 Identificación de panel de control

**Figura 216.**

*Sistema de control.*



**Nota.** En la imagen se observa la distribución de los actuadores y botones dentro del panel de control.

En la figura. Se puede observar la composición del panel de control, el primer paso es la identificación del panel de control y sus componentes, en la parte superior izquierda del panel de control se encuentra el botón de encendido y apagado de la máquina, inmediatamente debajo se encuentra el botón de activación del proceso de desinfección y a la derecha se encuentra el regulador de velocidad vs desinfección.

### 4.3.2 Encendido de la máquina de desinfección

#### Figura 217.

*Botón de encendido.*



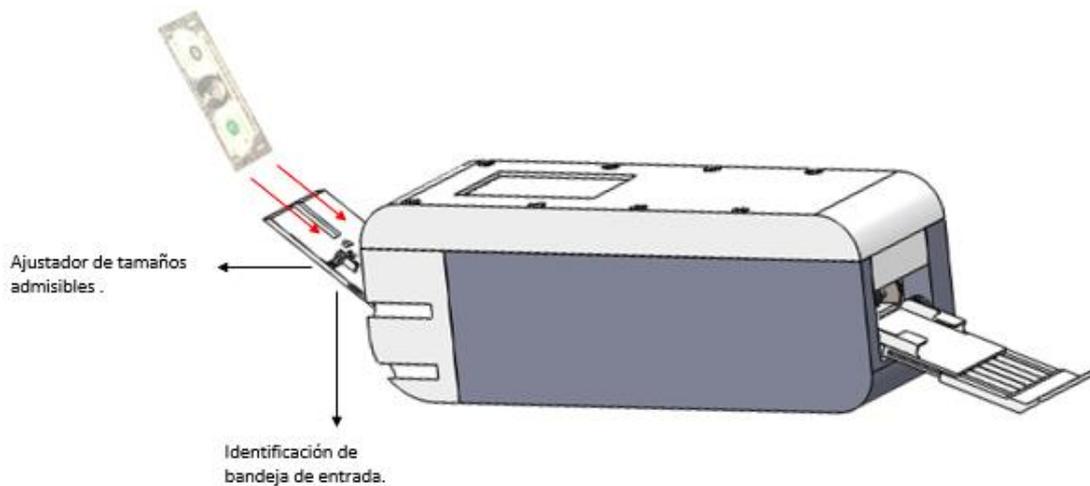
**Nota.** En la imagen se identifica el botón de encendido de la máquina.

Una vez identificado el panel de control, por medio del botón de encendido se energizan los sistemas de la máquina de desinfección, poniendo en disposición los mecanismos de la máquina para el proceso.

### 4.3.3 Posicionamiento del papel moneda.

#### Figura 218.

*Disposición del papel moneda.*



**Nota.** En la imagen se observa la disposición que debe tener para el posicionamiento del papel moneda.

Teniendo la máquina en disposición, se realiza el posicionamiento del billete o los billetes que se desean desinfectar, el posicionamiento de los billetes se realiza con ayuda del ajustador de la bandeja de entrada y hasta que la punta inferior del billete se adapte al sistema de agarre.

#### 4.3.4 Inicio del proceso.

**Figura 219.**

*Botón de inicio de proceso.*



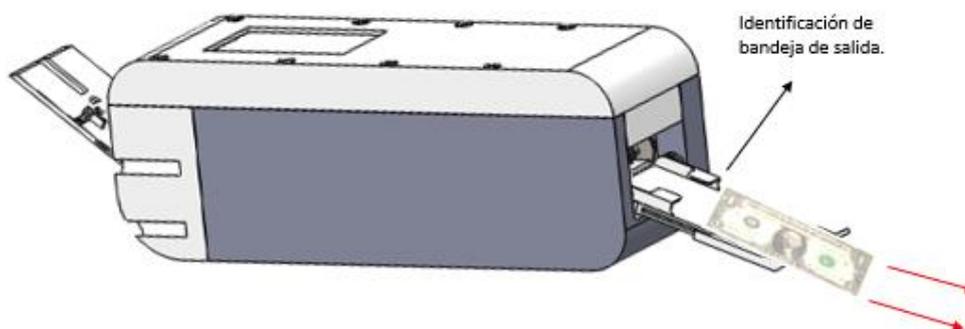
**Nota.** En la imagen se identifica el botón de encendido de la máquina.

Habiendo posicionado el billete en la bandeja de entrada se procede a la activación del botón de inicio del proceso, quien es el encargado de dar el accionamiento a los sistemas de la máquina de desinfección de billetes por medio de radiación UV-C.

#### 4.3.5 Remover el papel moneda.

**Figura 220.**

*Disposición de salida del papel moneda.*



**Nota.** En la imagen se observa la disposición que debe tener para remover el papel moneda una vez finalizado el proceso de desinfección.

Una vez finalizado el proceso de desinfección y los billetes se encuentren en la bandeja de salida, se procede a retirar los billetes finalizando totalmente el proceso de desinfección.

#### 4.3.6 Recomendaciones

- Realizar el posicionamiento del papel moneda utilizando el ajustador, de esta manera se garantiza un proceso sin atascos ni fallas en la desinfección del billete.
- Para asegurar una salida sistemática del papel moneda, extraer la extensión de la bandeja de salida.

- Antes de retirar los billetes de la máquina de desinfección procurar desinfectar manos o zonas de primer contacto con los billetes.
- En caso de atasco del sistema detener el funcionamiento de la máquina y dirigirse al manual de mantenimiento.

#### 4.4 Manual de mantenimiento

Con el fin de asegurar un correcto funcionamiento de la máquina de desinfección y prolongar la vida útil de la misma, se tienen que tener en cuenta una serie de advertencias, recomendaciones y situaciones en concreto que son de vital importancia.

##### 4.4.1 Advertencias

#### Figura 221.

*Tabla de tamaños admisibles.*

Moneda/Und	Peso Col (X1000)	Dólar Americano	Euro	Yuan	Yen (X1000)
1	N/A	156 x 67	NA	130 x 63	150 x 76
2	128 x 66	156 x 67	NA	135 x 63	154 x 76
5	133 x 66	156 x 67	120 x 62	140 x 70	156 x 76
10	138 x 66	156 x 67	127 x 67	150 x 70	160 x 76
20	143 x 66	156 x 67	133 x 72	145 x 77	N/A
50	148 x 66	156 x 67	140 x 77	150 x 70	N/A
100	153 x 66	156 x 67	147 x 82	155 x 77	N/A
200	N/A	N/A	153 x 82	N/A	N/A
500	N/A	N/A	160 x 82	N/A	N/A

**Nota.** En la imagen se observa la tabla de tamaños que admite la máquina de desinfección, utilizada en el capítulo II.

- La máquina está diseñada para ser compatible con la mayoría de billetes del mundo, no obstante, se advierte que en caso tal de introducir un billete más chico o más grande de los que se encuentran en la tabla, puede existir algún tipo de atasco o fallo en el proceso de desinfección.

- La radiación ultravioleta de tipo C al continuo contacto con la piel es altamente nocivo, evitar a toda costa la introducción de manos, dedos o alguna otra extensión del cuerpo mientras la maquina se encuentra en funcionamiento.

#### 4.4.2 Recomendaciones

##### Figura 222.

Tabla de actividades de mantenimiento.

ACTIVIDADES	FRECUENCIA					RESPONSABLE
	DIARIO	SEMANAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	
LIMPIEZA SUPERFICIAL DE LA MÁQUINA	X					USUARIO
CAMBIO Y REVISIÓN DE SISTEMA UV-C					X	TÉCNICO
CAMBIO Y REVISIÓN DE PANTALLAS DE POLICARBONATO					X	TÉCNICO
LIMPIEZA GENERAL DE LOS SISTEMAS				X		TÉCNICO
REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN GENERAL				X		TÉCNICO
REVISIÓN ESTRUCTURAL			X			USUARIO
REVISIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN				X		TÉCNICO

**Nota.** En la tabla se observan las diferentes actividades de mantenimiento con su respectiva temporalidad y responsable.

- Tener siempre presentes las recomendaciones realizadas en los manuales de instalación y operación.
- Llevar a cabo las actividades del manual de mantenimiento dentro de los tiempos establecidos.
- Antes de realizar una intervención a la máquina de desinfección, tener claridad del problema, los elementos a intervenir, y solución, con el fin de garantiza el éxito de la misma.
- En la velocidad máxima de la máquina de desinfección se aseguran 7 segundos de exposición a la radiación UV-C, tiempo suficiente para garantizar la desinfección de más

de 98% del billete, no obstante, se recomienda usar velocidades más bajas para obtener un tiempo de exposición mayor y por ende una mejor desinfección.

Considerando las anteriores recomendaciones se establece el manual de mantenimiento, en donde se estipulan las actividades sugeridas para cada sistema sus respectivos tiempos y el responsable cargo de las actividades.

4.4.2.a Limpieza superficial de la máquina. Antes de poner en funcionamiento la máquina de desinfección y con ayuda de un paño, tela o velaje, realizar una limpieza superficial de la carcasa y sistemas a los que se pueda acceder con facilidad.

4.4.2.b Cambio y revisión de las lámparas. De manera anual se realiza la revisión de las lámparas por medio de un luxómetro o light meter, con el cual se mide la intensidad lumínica y se analiza el comportamiento de la radiación UV-C, se espera obtener una energía por fotón de entre 4.43 y 12.40 eV, si el valor esta por fuera de este rango realizar cambio inmediato de la lámpara, además de esto se realiza una inspección visual en busca de grietas o fallas eléctricas como quemaduras y cortos del tubo de UV-C y Socket, en caso de encontrar alguna anomalía realizar cambio inmediato de los componentes o sistema de desinfección en general.

4.4.2.c Cambio y revisión de pantallas de policarbonato. Debido a su material y los cambios que pueden ocurrir en la pantalla de policarbonato a raíz de la radiación UV-C se realiza el cambio anualmente de las pantallas guías asegurando el funcionamiento efectivo de la máquina, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas en el documento actual y el funcionamiento pensado de la máquina ( de 8 a 10 horas diarias).

4.4.2.d Limpieza general de los sistemas. De manera semestral se realiza el desacople de la máquina de desinfección y se procede a la limpieza de los sistemas de la máquina de desinfección, se hace la limpieza exhaustiva de los rodillos principales y auxiliares del sistema de transporte, los rodillos principales y auxiliares de las guías de entrada y salida, rodillo principal de agarre y superficies de contacto directo con los billetes como lo son, las guías de policarbonato inferior y superiores, guías de entrada y salida y bandejas de entrada y salida de la máquina de desinfección. Se hace la limpieza con el fin de retirar residuos y evitar atascos en el proceso de desinfección.

4.4.2.e Revisión del sistema eléctrico general. De manera semestral se realiza el análisis y revisión del sistema eléctrico en general, con ayuda de un multímetro se revisa el sistema de alimentación (Fuente AC-DC), en busca de disminución del voltaje entregado al sistema eléctrico que debe estar siempre por encima de los 11.9 V y por debajo de los 13.2 V, de igual

manera se hace la revisión de la potencia transmitida al motor en búsqueda de la alteración de la misma, la cual debe estar por debajo de 0,6W.

4.4.2.f Revisión estructural. De manera trimestral se realiza la revisión estructural de manera visual en búsqueda de grietas o imperfecciones de los acoples y los estándares establecidos en el manual de ensamble y operación de la máquina de desinfección.

4.4.2.g Revisión del sistema de transmisión. De manera semestral se realiza la revisión e inspección visual del sistema de transmisión en búsqueda de desalineación de los ejes de los engranajes e imperfecciones en los engranajes como picaduras o desgastes en los dientes de los mismos.

4.4.2.h Ajuste general de los sistemas. Se realiza de manera anual el ajuste de la tornillería y acoples en general de la máquina de desinfección con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la máquina.

#### **4.4.3 Situaciones de intervención**

Las situaciones de intervención se identifican como las fallas más comunes que suceden sobre los sistemas en específico, o contratiempos que ocurren de manera espontánea en los mecanismos y que impiden el funcionamiento continuo de la máquina de desinfección, por lo tanto, es necesario crear un plan de acción o manual de mantenimiento correctivo que solucione los problemas y asegure que el tiempo en el que la maquina se encuentre deshabilitada sea mínimo.

4.4.3.a Atasco de papel moneda. En caso de haber un atasco dentro del proceso de desinfección seguir los siguientes pasos:

- Verificar que el indicador de “atasco de papel” se encuentre activado.
- Desconectar la máquina de desinfección o restringir con el botón de encendido y apagado el paso de energía.
- Verificar que las lámparas de radiación ultravioleta de tipo C se encuentren apagadas.
- Realizar el desacople de la tapa exterior superior de la máquina de desinfección.
- Identificar la posición del posible atasco.
- De ser posible y de manera manual extraer el papel moneda con precaución de no provocar la ruptura del mismo.
- Caso contrario realizar el desacople del sistema de agarre, guía de entrada, guía de salida y tapa de la cámara de desinfección.

- Una vez dentro de la cámara de desinfección e identificada la posición del atasco, desacoplar la guía superior del sistema de transporte más cercana al extremo del billete en situación de atasco.
- De manera manual realizar la extracción del billete con precaución de no provocar la ruptura del mismo.

4.4.3.b Rotura de lámparas de desinfección. En caso de presentarse una rotura de una o varias lámparas de desinfección es necesario seguir con las siguientes recomendaciones:

- Desconectar la máquina de desinfección o restringir con el botón de encendido y apagado el paso de energía.
- Verificar que las lámparas de radiación ultravioleta de tipo C sin afecciones en su estado físico, se encuentren apagadas.
- Dejar ventilar la habitación o recinto en el que se encuentra la maquia alrededor de 30 minutos.
- Desacoplar con precaución toda la carcasa exterior, sistema de agarre, guías de entrada y de salida y tapa de cámara de desinfección.
- Retirar manualmente los restos de la lámpara, preferiblemente con guantes.
- Situar los restos en una bolsa de plástico sellada, y llevar al punto de reciclaje más cercano.
- Acople una nueva lámpara TUV 11W FAM/10X25BOX.
- Realice el ensamble de la maquina según el manual de ensamble.

## **4.5 Manual de seguridad**

Con el fin de garantizar la seguridad y salud de todo individuo que controle y manipule la máquina desinfección de billetes, se realiza el siguiente manual de seguridad que garantice los estándares asociados al uso y operación de la máquina de desinfección, y cada uno de los componentes y sistemas que la comprenden.

### **4.5.1 Normatividad.**

Para ello es necesaria la consideración de las normatividades legales asociadas a los mecanismos que comprenden luz UV-C, a manera de resumen se citan y explican a continuación.

**Figura 223.**

*Tabla de normatividad de la máquina.*



**Nota.** En la anterior tabla se observan las normas más relevantes para el uso de la máquina de desinfección.

4.5.1.a Aplicación de la normatividad. La máquina de desinfección de billetes diseñada en este documento cumplirá de carácter obligatorio con las normatividades anteriormente presentadas, al igual que los manuales que se realizan considerando las mismas normas, así mismo los técnicos y usuarios que manipulen la máquina deben leer y aplicarlas acorde a las situaciones.

4.5.1.b Responsabilidades.

**Por parte del fabricante y/o proveedor.**

- Garantizar el cumplimiento de las normativas durante el ensamble y montaje de la máquina.
- Asegurar que al finalizar el proceso de fabricación y ensamble la maquina tenga un funcionamiento óptimo y supla las necesidades que se proponen en el documento.
- Garantice la seguridad en la salud de los usuarios o técnicos que manipulen la máquina.
- Ofrecer los correspondientes manuales de la máquina.

**Por parte del cliente.**

- Hacer uso de los manuales establecidos en el documento, durante los tiempos y con las recomendaciones radicadas en cada uno de ellos.
- Realizar el debido mantenimiento de los elementos que sean de su entera responsabilidad según la tabla.

- Mantener la máquina en óptimas condiciones para su funcionamiento.

**Por parte del técnico.**

- Realizar seguimiento y mantenimiento según el manual de mantenimiento establecido en la tabla.
- Entender el funcionamiento de la máquina y tener claridad de los sistemas al momento de realizar una intervención o un mantenimiento.

## 5. ANALISIS FINANCIERO Y AMBIENTAL

### 5.1 Impacto ambiental

En esta parte del proyecto se busca encontrar cada uno de los aspectos tanto de la fabricación de la maquina como de la operación que puedan representar un impacto ambiental, de esta manera se pretende cuantificarlo y así lograr obtener un valor o acercamiento del impacto ambiental de esta maquina

Para evaluar el impacto ambiental de la maquina propuesta se utiliza la metodología propuesta por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, de la Secretaria de Ambiente. En la Guía Técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales. [42]

#### 5.1.1 Metodología

La guía propone realizar una identificación de aspectos e impactos ambientales para lo cual se proponen los siguientes pasos [42]

1. Condiciones operacionales
2. Identificación
3. Actividades, productos y servicios
4. Aspectos ambientales

#### 5.1.2 Evaluación

Para evaluar los aspectos ambientales se deben analizar diferentes criterios para aspectos ambientales definidos esto permite cuantificar e identificar los aspectos importantes en el marco ambiental y así poder mitigar su impacto e influencia. La guía propone tres criterios a evaluar y también propone una calificación por niveles de significación. [42]

1. Criterio Legal: relaciona la normatividad requerida de acuerdo a la actividad, se determina existencia y cumplimiento y se cuantifica. [42]

**Tabla 47.**

*Criterio legal de existencia*

Calificación	Concepto
10	Existe legislación y está reglamentada
5	Existe legislación y no está reglamentada
1	No existe legislación

**Nota.** Cuantificación criterio. Tomado de: «Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].

**Tabla 48.***Criterio legal de cumplimiento*

<b>Calificación</b>	<b>Concepto</b>
10	No se cumple la legislación
5	Se cumple con la legislación
1	No aplica

**Nota.** Cuantificación criterio legal de cumplimiento. Tomado de: «Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].

**Total, criterio legal Vr. Existencia \* Vr. Cumplimiento**

2. Criterio Impacto Ambiental: evalúa la frecuencia en que se presenta el impacto ambiental, severidad en el cambio sobre el recurso natural y el alcance o influencia que pueda tener en el impacto ambiental.

**Tabla 49.***Criterio ambiental*

<b>Frecuencia</b>	
<b>Calificación</b>	<b>Concepto</b>
10	Diario/Semanal
5	Mensual/Bimestral/Trimestral
1	Semestral/Anual
<b>Severidad</b>	
10	Cambio drástico
5	Cambio moderado
1	Cambio pequeño
<b>Alcance</b>	
10	Extenso (El impacto tiene efecto o es tratado fuera de los límites de la organización)
5	Local (El impacto no rebasa los límites o es tratado dentro de la organización)
1	Puntual (El impacto tiene efecto en un espacio reducido dentro de la organización)

**Nota.** Cuantificación del criterio ambiental según frecuencia, severidad y alcance. Tomado de: «Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].

**Total, Criterio Impacto Ambiental = (Frecuencia\*3.5) + (Severidad\*3.5) + (Alcance\*3)**

3. Criterio partes interesadas: Se refiere a la comunidad, clientes, proveedores, contratistas y entidades financieras. Se divide en exigencia y gestión, [42]

**Tabla 50.**

*Criterio partes interesadas*

Exigencia	
Calificación	Concepto
10	Si se presenta una o más de las siguientes condiciones: Existe o existió acción legal contra la organización Existe reclamo de la comunidad (insatisfacción justificada) Existe un acuerdo firmado con un cliente o comunidad Existe reclamo de los empleados (insatisfacción justificada)
5	Cualquiera de las anteriores sin implicaciones legales
1	Si no existe acuerdo o reclamo
Gestión	
10	No existe gestión en cuanto a las acciones emprendidas contra la organización o la gestión no ha sido satisfactoria o bien sea no se ha cumplido el acuerdo
5	La gestión ha sido satisfactoria o el acuerdo sigue vigente
1	No aplica

**Nota.** Cuantificación del criterio según las partes interesadas. Tomado de: «Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].

**Total, Criterio Partes Interesadas = Exigencia \* Gestión**

- Nivel de significación

El nivel de significación permite cuantificar los resultados obtenidos de la matriz de impacto ambiental, de esta manera determina los niveles de los aspectos ambientales (Bajo, Medio y Alto).

**Tabla 51.***Nivel de significación*

NIVEL	CALIFICACION
Aspecto ambiental bajo	0 a 30 Puntos
Aspecto ambiental medio o moderado	31 a 60 Puntos
Aspecto ambiental alto	61 a 100 Puntos

**Nota:** Significación de la calificación de los criterios. Tomado de: Tomado de: «Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].

**5.1.3 Aspectos ambientales****Tabla 52.***Aspectos ambientales*

PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
Fabricación de estructuras, carcasas y engranajes.	Inyección de ABS, POM y HDPE	Generación de emisiones atmosféricas	Alteración de la calidad del aire
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
		Generación de residuos	Contaminación ambiental
Fabricación de ejes y moldes	Mecanizados CNC y convencionales	Consumo de aceite lubricantes y refrigerantes	Presión sobre los recursos naturales
		Generación de residuos	Contaminación ambiental
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva
		Derrames y fugas de aceite lubricante	Contaminación de recurso hídrico

**Tabla 53.** Continuación.

Fabricación de pantallas	Corte laser	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva
		Generación de residuos	Contaminación ambiental
		Generación de emisiones atmosféricas	Alteración de la calidad del aire
Desinfección	Trabajo de la maquina	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales
Pliegue de pantallas	Termo formado	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales

**Nota.** En esta tabla se observan los procesos y actividades que tienen un aspecto e impacto ambiental a ser valuado en la matriz

Se realizó en análisis del impacto ambiental en 5 procesos diferentes donde se cuantifica el impacto ambiental en la matriz del anexo (matriz ambiental)

Fabricación de estructuras, carcasas y engranajes: en este proceso se pretende fabricar todas las piezas estructurales de la máquina, como lo son las carcasas de la cámara de desinfección y la carcasa general de dispositivo, también se tienen en cuenta la fabricación de bandejas de entrada y salidas y todas las piezas que sirven de soporte. Todas estas piezas son fabricadas a partir de la inyección del material, en esta parte de la matriz se hace una evaluación del aspecto y el impacto ambiental obteniendo una calificación de aspecto ambiental bajo, sin embargo, la guía de elaboración de esta matriz recomienda hacer seguimiento y mitigar el impacto .

Fabricación de ejes y moldes: evaluando este proceso es indispensable tener en cuenta que su actividad principal es el mecanizado; en los dos casos tanto para los ejes como los moldes. La cuantificación de este impacto ambiental en la matriz de impacto arroja un aspecto ambiental bajo, sin embargo, las recomendaciones para mantener estos valores son especialmente en la

correcta disposición de lubricantes refrigerantes del proceso, evitando al máximo la contaminación de estos y además de esto la contaminación de los sobrantes.

Fabricación de pantallas: al igual que los demás procesos se obtiene un aspecto ambiental bajo, este proceso de corte no representa grandes impactos ambientales, aunque se recomienda el uso de tapabocas y elementos de protección personal para operarios, teniendo en cuenta que el corte laser genera gases; estos no representan un impacto ambiental potencial, pero si pueden generar problemas para la salud de los operarios expuestos.

Desinfección de billetes: Anteriormente se describen los procesos de fabricación de la máquina y se evalúan los impactos ambientales de esto. En esta parte se evalúa el impacto ambiental del funcionamiento de la máquina, lo que no representa un impacto ambiental alto, ya que el único aspecto a evaluar es el consumo de energía.

## 5.2 Análisis Financiero

Para el análisis financiero es necesario tener en cuenta los materiales a utilizar, partes normalizadas, diseño de ingeniería y procesos de fabricación. En cada uno de estos aspectos es posible cuantificar su valor mediante investigación y cotizaciones, con el objetivo de lograr cuantificar el valor monetario de la fabricación de la máquina, y los moldes de inyección para las piezas inyectadas. Para el caso de este proyecto existen 4 procesos importantes de fabricación: Mecanizados, Corte laser, Termo formado e Inyección. Para este último es necesario la fabricación de moldes de inyección que representan un elevado costo en este proyecto. Por lo tanto, el estudio financiero pretende arrojar el valor de la producción de estos de manera independiente resaltando que es un costo de operación que se debe tener presente. Teniendo en cuenta los costos que representan la fabricación de moldes de inyección, también se propone hacer un prototipo, y se realiza un análisis de los costos que este pueda tener

### 5.2.1 Materiales

**Tabla 53.**

*Costos materiales*

MATERIALES						
Descripción	Material	Cant.	Unid med.	UND	Precio Unid	Precio Total
SISTEMA ESTRUCTURAL						
Carcasa cámara desinfección	PA 6	1	0,627	Kg	\$ 6.300	\$ 3.887
Tapa carcasa cámara desinfección	PA 6	1	0,256	Kg	\$ 6.300	\$ 1.587
Guía superior sistema desinfección	Polycarbonato	5	0,007	m2	\$ 72.000	\$ 2.520

**Tabla 54.** Continuación.

Guía inferior sistema desinfección	PA 6	1	0,050	Kg	\$ 6.300	\$ 534
Lamina soporte engranajes	ABS	1	0,11	Kg	\$ 6.200	\$ 682
Guía sistema de entrada	ABS	1	0,107	Kg	\$ 6.200	\$ 663
Guía sistema de salida	ABS	1	0,067	Kg	\$ 6.200	\$ 415
Bandeja de entrada	ABS	1	0,1	Kg	\$ 6.200	\$ 620
Ajustador de bandeja de entrada	ABS	1	0,0009	Kg	\$ 6.200	\$ 6
Bandeja de salida	ABS	1	0,99	Kg	\$ 6.200	\$ 6.138
Extensión bandeja de salida	ABS	1	0,062	Kg	\$ 6.200	\$ 384
Carcasa exterior inferior	ABS	1	1,376	Kg	\$ 6.200	\$ 8.531
Tapa exterior inferior	ABS	1	0,53	Kg	\$ 6.200	\$ 3.286
Tapa exterior superior	ABS	1	1,387	Kg	\$ 6.200	\$ 8.599
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 39.854
<b>SISTEMA DE AGARRE</b>						
Eje del sistema de arrastre	Nylon	1	0,053	m	\$ 5.500	\$ 292
Rodillo de agarre	Neopreno	1	942,48	mm2	\$ 1	\$ 942
Estructura del sistema de agarre	ABS	1	0,018	Kg	\$ 6.200	\$ 112
Eje transmisión de potencia	Nylon	1	0,155	m	\$ 5.500	\$ 853
Rodillo auxiliar de agarre	HDPE	1	0,0006	Kg	\$ 7.800	\$ 5
Superficie de selección	Corcho	1	0,00084	m2	\$ 27.500	\$ 23
Tapa sistema de agarre	ABS	1	0,01	Kg	\$ 6.200	\$ 62
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 2.288
<b>SISTEMA DE DESINFECCION</b>						
Tubos Philips TUV 11W FAM/10X25BOX	N/A	2	1	Und.	\$ 65.000	\$ 130.000
Socket T8 HTR	N/A	4	1	Und.	\$ 2.000	\$ 8.000
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 138.000
<b>SISTEMA DE TRANSPORTE</b>						
Eje principal transporte	Nylon	4	0,135	m	\$ 5.500	\$ 2.970
Eje de entrada y salida	Nylon	2	0,135	m	\$ 5.500	\$ 1.485
Eje auxiliar guía de entrada y salida	HDPE	6	0,00009	Kg	\$ 7.800	\$ 4
Rodillos auxiliares cámara desinfección	HDPE	8	0,011	Kg	\$ 7.800	\$ 686
Rodillos auxiliares guías entrada y salida	HDPE	6	0,0006	Kg	\$ 7.800	\$ 28
Rodillo principal transporte	Neopreno	4	4145	mm2	\$ 1	\$ 16.580
Rodillos principales de entrada y salida	Neopreno	6	942,48	mm2	\$ 1	\$ 5.655
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 27.409

**Tabla 54.** Continuación.

SISTEMA DE TRASMISION Y POTENCIA						
Motor POLOLU 380:1 6V	N/A	1	1	Und.	\$ 62.700	\$ 62.700
Engranaje Z=42	POM	12	0,0054	Kg	\$ 7.000	\$ 454
Engranaje Z=28	POM	2	0,0024	Kg	\$ 7.000	\$ 34
Engranaje Z=21	POM	1	0,0013	Kg	\$ 7.000	\$ 9
Engranaje Z=14	POM	2	0,0005	Kg	\$ 7.000	\$ 7
SUBTOTAL						\$ 63.203
TORNILLERIA						
Tornillos M-1.6x6	N/A	2	1	Und.	\$ 100	\$ 200
Tornillos M-3X6	N/A	4	1	Und.	\$ 120	\$ 480
Tornillos M-3x13	N/A	18	1	Und.	\$ 250	\$ 4.500
Tornillos M-4x20	N/A	10	1	Und.	\$ 280	\$ 2.800
Tornillos M-4x13	N/A	4	1	Und.	\$ 210	\$ 840
Tornillo M-2x10	N/A	1	1	Und.	\$ 300	\$ 300
Tornillos M-2x4	N/A	8	1	Und.	\$ 280	\$ 2.240
Tornillos M-2x50	N/A	8	1	Und.	\$ 350	\$ 2.800
SUBTOTAL						\$ 14.160
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 284.913</b>

*Nota.* Materiales para la fabricación de la maquina con sus respectivos costos por unidad de medida

En la anterior tabla se indican los costos de las piezas normalizadas, para las piezas no normalizadas se tiene en cuenta el proceso de fabricación. En el caso de las piezas por inyección se tiene en cuenta su peso y el valor del material de fabricación por unidad de masa. Las piezas torneadas se tienen en cuenta la longitud de su eje, y el valor del material por longitud. Las piezas superficiales se tienen en cuenta el área superficial.

### 5.2.2 Ingeniería

**Tabla 54.**

*Análisis de costos de ingeniería*

INGENIERIA			
CONCEPTO	HORAS	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
DISEÑO DE MAQUINA	140	\$ 26.000	\$ 3.640.000
SOFTWARE DE PROGRAMACION	16	\$ 160.000	\$ 2.560.000
SOFTWARE DE DISEÑO	140	\$ 15.000	\$ 2.100.000
SOFTWARE DE SIMULACION	14	\$ 15.000	\$ 210.000
EQUIPOS DE COMPUTO Y OPERACIÓN	140	\$ 5.000	\$ 700.000
TRANSPORTES Y PAPELERIA			\$ 200.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 9.410.000</b>

*Nota.* Esta tabla explica cada uno de los conceptos de ingeniería necesarios para presupuestar el diseño y las horas de trabajo en cada uno.

### 5.2.3 Fabricación

**Tabla 55.**

*Análisis de costos en los procesos de fabricación*

CONCEPTO	CANTIDAD	UND	PRECIO UNIT	TOTAL
Mecanizados	4	Hora	\$ 35.000	\$ 140.000
Inyección	20	Piezas	\$ 2.000	\$ 40.000
Impresión 3D	200	Min	\$320	\$64.000
Corte laser	60	Min	\$ 700	\$ 42.000
Ensamble	1	Piezas	\$ 7.000	\$ 7.000
			<b>TOTAL</b>	\$ 293.000

*Nota.* Costos en los procesos de fabricación

### 5.2.4 Moldes

**Tabla 56.**

*Moldes*

ITEM	MOLDE	MATERIAL	PRECIO
1	Carcasa cámara desinfección	PA 6	\$ 79.000.000
2	Tapa carcasa cámara desinfección	PA 6	\$ 47.000.000
3	Lamina soporte engranajes	ABS	\$ 46.000.000
4	Guía sistema de entrada	ABS	\$ 48.000.000
5	Guía sistema de salida	ABS	\$ 43.000.000
6	Bandeja de entrada	ABS	\$ 64.000.000
7	Ajustador de bandeja de entrada	ABS	\$ 23.000.000
8	Bandeja de salida	ABS	\$ 47.000.000
9	Extensión bandeja de salida	ABS	\$ 30.000.000
10	Estructura del sistema de agarre	ABS	\$ 24.000.000
11	Rodillo auxiliar de agarre	HDPE	\$ 3.000.000
12	Tapa sistema de agarre	ABS	\$ 17.000.000
13	Rodillos auxiliares guías entrada y salida	HDPE	\$ 5.000.000
14	Engranaje Z=42	POM	\$ 33.000.000
15	Engranaje Z=28	POM	\$ 28.000.000
16	Engranaje Z=21	POM	\$ 26.000.000
17	Engranaje Z=14	POM	\$ 24.000.000
18	Guías de papel	PA 6	\$50.000.000
		<b>TOTAL</b>	\$ 637.000.000
		Cant. piezas	10.000
		Valor pieza	\$ 63.700

*Nota.* En esta tabla se observan los moldes a fabricar con un valor aproximado de su fabricación.

La fabricación de moldes en los procesos de inyección, representa uno de los costos más elevados ya que la producción de cada uno de estos representa un estudio importante de ingeniería, y elevados costos en la transformación de sus cavidades. Por lo general se recomienda en la mayoría de documentos fabricar un mínimo de 10.000 piezas inyectadas para que la fabricación del molde sea rentable y justificada. Por esta razón se divide la suma de la fabricación de todos los moldes en 10.000 piezas, de esta manera se tiene un aproximado del valor de los moldes de la inyección por unidad fabricada.

### 5.2.5 Prototipo

Para determinar los costos de fabricación del prototipo, se tienen en cuenta inicialmente los materiales para la fabricación de la máquina y además los procesos de fabricación de la misma. En la siguiente tabla se observa que la mayor cantidad de trabajo se invierte en los procesos de mecanizado. Esto se debe a que las piezas que se recomiendan fabricar por inyección para este caso deben ser mecanizadas a partir de la materia bruta. El costo del ensamble se determina debido a que al ser la primera pieza ensamblada pueden presentarse problemas o detalles que necesitaran ser solucionados.

**Tabla 57.**

*Costos del prototipo*

CONCEPTO	CANTIDAD	UND	PRECIO UNIT	TOTAL
Materiales				\$ 284.913
Mecanizados	80	Hora	\$ 35.000	\$ 2.800.000
Impresión 3D	5000	min	\$320	\$1.600.000
Corte laser	60	Min	\$ 700	\$ 42.000
Ensamble	1	Piezas	\$ 120.000	\$ 120.000
			<b>TOTAL</b>	\$ 4.846.913

### 5.2.6 Conclusiones

Teniendo en cuenta el análisis de costos según los criterios anteriormente descritos se establece el valor por unidad en cada uno de estos, con el objetivo de lograr cuantificar y aproximar el costo de fabricación de una sola unidad, es de aclarar que muchos de los costos propuestos para materiales y técnicas de fabricación no se tienen en cuenta para grandes cantidades lo que quiere decir que este valor final puede disminuir en la producción en masa.

**Tabla 58.**

*Costo de fabricación por unidad*

Concepto	Valor
Materiales	\$ 284.913
Fabricación	\$ 235.000
Moldes	\$ 63.700
Operacionales	\$ 1.200
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 584.813</b>

*Nota.* Esta tabla reúne los datos de las tablas anteriores de costos para hacer un costo total por unidad.

### **5.2.7 Mercadeo**

Teniendo en cuenta los procesos de fabricación recomendados para la elaboración de la máquina, y las recomendaciones en las cantidades de piezas necesarias. Se sugiere hacer un estudio de mercadeo, y además tener presentes gastos operativos que este representa. Esto teniendo en cuenta los restos que implica expender las cantidades de máquinas que se proponen. Y aprovechando la innovación de este producto en el marco de esta pandemia que atraviesa la humanidad.

## 6 APORTES DEL PROYECTO

En los primeros capítulos de este documento se identifica una problemática social que se pretende resolver a través de la ingeniería mecánica, automación e ingeniería electrónica culminando la elaboración de este proyecto se pueden identificar los aportes realizados.

- Se identifica que los billetes pueden ser un alto foco de contagio. Se propone un método de desinfección acompañado del diseño de una máquina para lograr este objetivo.
- Se establece un diseño que permite la desinfección del papel moneda en un solo paso, lo que quiere decir que logra la desinfección de ambas caras del billete a la vez.
- Además de ser un instrumento que disminuye el contagio del Covid-19, puede eliminar de la superficie del papel más de un 99% de virus y bacterias presentes.
- Se diseña una máquina aplicable a más de 6 divisas diferentes.

## 7 CONCLUSIONES

Es clara la necesidad de un método, o sistema que facilite la desinfección del papel moneda en el marco de la pandemia generada por el Covid-19. la luz ultravioleta de tipo C representa la mejor opción como método de desinfección. Evaluando entre otros y teniendo en cuenta las características de los billetes, se concluye que se trata de un método eficiente y siendo aislado correctamente no representa riesgo para la salud.

A través del despliegue de la función de calidad (QFD) se determinan las necesidades del cliente, las cuales por medio de las métricas permiten definir las especificaciones de ingeniería. De esta manera es posible presentar alternativas de diseño que cumplen las especificaciones, logrando seleccionar la mejor opción que se adapte a las necesidades del proyecto.

Determinando un primer concepto de la maquina a través de los bocetos de cada sistema, se hace el diseño de la misma en software teniendo en cuenta una primera aproximación a materiales y dimensiones de las piezas. Una vez determinadas las funciones que debe realizar la máquina, velocidades de trabajo y la selección del motor se analizan las cargas validando las dimensiones de ejes, y cumplimiento de los materiales. A partir de esto se logra el diseño detallado de la máquina y se presentan los planos de las piezas según Norma Técnica Colombiana (NTC).

Se elaboran manuales de ensamble, instalación, operación, seguridad y mantenimiento. Que son consecuentes con el diseño propuesto, los elementos y las técnicas empleadas permiten una identificación clara de la máquina y sus piezas logrando entender y aplicar en su totalidad cada uno de estos.

Se definen 4 aspectos indispensables para determinar los costos de la maquina: materiales de fabricación, procesos de fabricación, fabricación de moldes de inyección y los costos de ingeniería. Esto permite cuantificar el costo de diseño y fabricación de cada unidad. También se logró cuantificar a través de una matriz, el impacto ambiental que representa la fabricación de la máquina, y la operación de esta una vez terminada.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] N. M. Lawandy y A. Y. Smuk, «Supercritical fluid cleaning,» *I&EC Research*, pp. A- K.
- [2] «El ozono como desinfectante frente al coronavirus SARS-COV-2,» *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España*, pp. 4 - 10, 2020.
- [3] J. L. Flores Luna, J. C. Martínez fuentes y F. J. Casillas Gómez, «Manual de buenas practicas de Higiene y Sanidad,» Ciudad de Mexico, 1999.
- [4] «Higieneambiental.com,» 12 Mayo 2009. [En línea]. Available: <https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/desinfeccion-termica-de-superficies>. [Último acceso: 25 Agosto 2020].
- [5] F. Lorenzo y M. Catalá, «BETELGEUX CHRISTEYNS FOOD HYGIENE,» 8 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.betelgeux.es/blog/2020/05/08/compuestos-de-amonio-cuaternario-una-apuesta-segura-en-la-lucha-contra-covid-19/>. [Último acceso: 18 septiemre 2020].
- [6] A. Diomedi , E. Chacon, L. Delpiano, B. Hervé, I. Jemano, M. Medel, M. Quintanilla, G. Riedel, J. Tinoco y M. Cifuentes, «Antisépticos y desinfectantes: apuntando al uso racional. Recomendaciones del Comité Consultivo de Infecciones Asociadas a la Atención de Salud, Sociedad Chilena de Infectología,» *Revista Chilena de Infectología*, vol. 34, nº 2, 2017.
- [7] «Limpieza y desinfeccion de las superficies del entorno inmediato en el marco de la COVID-19,» *Organizacion Mundial de la Salud*, 2020.
- [8] Z. Pachuau y R. C. Tiwari, *Ultraviolet Light- its Effects and Applications*, Mizoram University.
- [9] E. Pietrobon Tarrán, «Desinfeccion por luz Ultravioleta».
- [10] J. S. Granes, *Isaac Newton Obra y contexto una introduccion*, Bogota D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2005.
- [11] V. Reins, «PROSYCONTRAS.DE,» [En línea]. Available: <https://prosycontras.de/la-luz-ultravioleta/>. [Último acceso: 2 septiembre 2020].
- [12] «Lenntech,» [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/biblioteca/-uv.htm>. [Último acceso: 2 Septiembre 2020].
- [13] «International Ultraviolet Association,» 2020. [En línea]. Available: <https://iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UV-Disinfection-for-COVID-19>. [Último acceso: 23 Septiembre 2020].
- [14] E. R. Blatchley, B. Petri y W. Sun, «SARS-COV-2 UV Dose-Response Behavior,» *International Ultraviolet Association*, 2020.
- [15] M. DeBow, «Medical Light Association,» 2005. [En línea]. Available: [http://www.medicallightassociation.com/\\_q=node/69/](http://www.medicallightassociation.com/_q=node/69/). [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [16] G. Matamoros Rodriguez, *Aplicación de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) como tratamiento poscosecha y su efecto sobre características fisicoquímicas y calidad fitosanitaria en el fruto de papaya hibrido "Pococi"*, Universidad de Costa Rica, 2017.
- [17] «Banco de la República Colombia,» [En línea]. Available: <https://www.banrep.gov.co/es/billetes-y-monedas/breve-descripcion-del-proceso-produccion>. [Último acceso: 25 septiembre 2020].

- [18] G. Westreicher, «Econopedia,» [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/papel-moneda.html>. [Último acceso: 12 Octubre 2020].
- [19] P. X. Lizarazo Medina, F. Cabarcas Jaramillo y J. F. Alzate, «Microbiota bacteriana asociada al papel moneda,» *Asociación Colombiana de Infectología*, 2015.
- [20] C. A. Betancur, S. Estrada, M. T. Ceballos, E. Sánchez, A. M. Abad, C. Vanegas y L. M. Salazar, «Billetes como fómites de bacterias con potencial patógeno para el hombre,» *Revista INFECTIO*, vol. 14, nº 2, 2010.
- [21] A. Cortes, «El Pais,» 24 Enero 2020. [En línea]. Available: [https://elpais.com/elpais/2020/01/22/ciencia/1579714580\\_913085.html](https://elpais.com/elpais/2020/01/22/ciencia/1579714580_913085.html). [Último acceso: 30 Julio 2020].
- [22] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y Desarrollo de Productos*, Mexico: Mc Graw Hill Education, 2013.
- [23] J. C. Enric Mateu, «Tipos de Muestreo,» *Epidem*, vol. 3, nº 7, 2003.
- [24] I. Grande y E. Abascal, *Análisis de encuestas*, Madrid: ESIC Editorial, 2005.
- [25] M. J. Spendolini, «El proceso de Benchmarking».
- [26] Y. K. Nagoya, A. I. Tokyo, M. T. Aichi, M. K. Ishioka y T. M. Katsuta, «Cash transaction machine and method with money disinfection». Japon Patente 5,374,814, 20 Diciembre 1994.
- [27] «YIEH CORP,» [En línea]. Available: <https://yieh.com/es/stainless-steel-screws-2>. [Último acceso: 4 2 2021].
- [28] «Sumiparts.com,» Sumiparts S.A.S., [En línea]. Available: <https://sumiparts.com/servicios-de/vulcanizado-de-neopreno/>. [Último acceso: 5 2 2020].
- [29] «Henkel-adhesives.com,» Henkel, [En línea]. Available: [https://www.henkel-adhesives.com/co/es/producto/retaining-compounds/loctite\\_648.html](https://www.henkel-adhesives.com/co/es/producto/retaining-compounds/loctite_648.html). [Último acceso: 5 2 2021].
- [30] Z. I. Products, «Cole-Parmer,» 4 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.coleparmer.com/tech-article/uv-properties-of-plastics?tlg=es-ES>. [Último acceso: 23 3 2021].
- [31] «Area Tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electronica/potenciometro.html>. [Último acceso: 15 11 2020].
- [32] «Area Tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/EL%20TRANSISTOR.htm>. [Último acceso: 15 11 2020].
- [33] «Bombillas y tubos,» [En línea]. Available: <https://www.bombillasytubos.com/b2c/producto/2509/1/fluorescente-philips-tuv-t8-10w-germicida>. [Último acceso: 2 12 2020].
- [34] «EFECTO DE LA RADIACIÓN UV-C EN TRAZAS NUCLEARES EN POLICARBONATO,» Comisión Nacional de energía atómica.
- [35] «Dynamo Electronics,» [En línea]. Available: [https://dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380\\_1/](https://dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380_1/). [Último acceso: 26 2 2021].

- [36] «Ingemecanica.Com,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn151.html>. [Último acceso: 20 11 2020].
- [37] J. L. Moya Rodriguez y J. A. Velázquez Perez, «Calculo de engranajes Plasticos,» Ediciones Mecanica, Las Villas, Cuba, 2007.
- [38] DHM SOLUTION FOR SEAL, [En línea]. Available: [https://www.dmh.at/materiales/product/42\\_pom400/](https://www.dmh.at/materiales/product/42_pom400/). [Último acceso: 5 12 2020].
- [39] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, Mexico: Mc Graw-Hill, 2008.
- [40] «Dynamo electronics,» [En línea]. Available: [https://www.dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380\\_1/](https://www.dynamoelectronics.com/tienda/micromotor-hp-380_1/). [Último acceso: 26 11 2020].
- [41] «Ajustes Y tolerancias,» de *Conceptos Basicos sobre dieño de maquinas*, pp. 1-27.
- [42] «Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico,» 15 02 2015. [En línea]. Available: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/297947/PLE-GU-01+Guia+Para+la+Identificacion+de+Aspectos+e+Impactos+Amb+V3.pdf/db462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c>. [Último acceso: 30 11 2020].
- [43] «Industrias Asociadas S.A.S,» [En línea]. Available: <https://www.industriasasociadas.com/producto/sensores-fotoelectricos-reflex/>. [Último acceso: 4 11 2020].
- [44] E. Rios Gonzales, Sintesis y caracterizacion de recubrimientos metalicos sobre acrilico-nitrilo-butadieno-estireno (ABS) obtenidos por evaporacion, San Luis Potosi: Universidad Autonoma de San Luis Potosi, 2005.
- [45] V. Bernabe Miguel, Caracterizacion de ABS microcelular obtenido por inyección con.
- [46] «Ingemecanica:Com,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn151.html>. [Último acceso: 19 11 2020].

## **ANEXOS**



**ANEXO 2**  
**MATRIZ AMBIENTAL**

PROCESO	ADTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	LEGAL			AMBIENTAL				PARTES INTERESADAS			SIGNIFICACION
				EXISTENCIA	CUMPLIMIE NTO	TOTAL	FRECUENCIA	SEVERIDAD	ALCANCE	TOTAL	EXIGNECIA	GESTION	TOTAL	
Fabricación de estructuras y carcasas	Inyección de ABS, POM y HDPE	Generación de emisiones atmosféricas	Alteración de la calidad del aire	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	5,05
		Generación de residuos	Contaminación ambiental	10	1	10	1	5	1	24	1	1	1	15,4
Fabricación de ejes y moldes	Mecanizados CNC y convencionales	Consumo de aceite lubricantes y refrigerantes	Presión sobre los recursos naturales	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
		Generación de residuos	Contaminación ambiental	10	1	10	1	5	1	24	1	1	1	15,4
		Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	5,05
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
		Derrames y fugas de aceite lubricante	Contaminación de recurso hídrico	5	1	5	1	1	1	10	1	1	1	6,85
Fabricación de pantallas	Corte laser	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	5,05
		Generación y emisión de ruido	Contaminación auditiva	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
		Generación de residuos	Contaminación ambiental	10	1	10	1	5	1	24	1	1	1	15,4
		Generación de emisiones atmosféricas	Alteración de la calidad del aire	10	1	10	1	1	1	10	1	1	1	9,1
Desinfección	Trabajo de la maquina	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales	1	1	1	10	5	1	56	1	1	1	25,5
Pliegue de	Termof ormado	Consumo de energía eléctrica	Presión sobre los recursos naturales	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	5,05

## ANEXO 3 COTIZACIONES



www.arkos.com.co

CONTACTENOS  
PBX: 4322440  
Movil: 3114831918  
Email: servicioalcliente@arkos.com.co

PUNTO DE VENTA	
Sede:	
Dirección:	
Teléfono:	
Nombre:	CARREÑO NARANJO ANDRES FERNANDO
NI:	1020813891
Dirección:	
Teléfono:	
Entrega:	

Cotización No:	1094792
Fecha Cotización:	10/12/2020
Validez Oferta:	10/1/2021
Forma de pago:	Contado Efect, TC, Contig.

COD. INTERNO	DESCRIPCIÓN ARTICULO	ESPESOR	ANCHO	LARGO	MED. CORTE	CANT	P.V.P UNID	TOTAL SIN IVA
77020103883	LAM. MACULOPC 3MM CRISTAL 2.000 X 0.800	2000	2.00	0.80	0.80	0.30	\$78.101,00	\$238.880,00

Sum: CUATROCIENTOS VEINTISETE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CINCO Y 00 / 100 PESOS

PARA EFECTOS DE PAGO DE SU FACTURA UTILICE NUESTROS CONVENIOS							
BANCO	CORREO DE ELECTRONIO	NOMBRE CONVENIO	NUMERO CUENTA	TIPO	CONDICIONES		
BANCO DE BOGOTÁ	X	X	085-3881395	Ahorro	Para pagos en el sistema de Bogotá, se debe realizar en el acompañamiento de pago un cheque autorizado.	SUBTOTAL	\$358.550
BANCOLOMBIA	27327	ARKOS SISTEMAS ARQUITECTONICOS S.A.	0105480830	Corriente		DESCUENTO	\$0
	27325	ARKOS SISTEMAS ARQUITECTONICOS S.A.	38835814889	Ahorro		IVA	\$08.315
ITAU	7300	ARKOS SISTEMAS ARQUITECTONICOS S.A.	8542318072	Corriente	Para pagos en efectivo a nivel nacional se debe en el momento de cancelar el pago.	TOTAL A PAGAR	\$427.865
DAVIVIENDA	5431788	ARKOS SISTEMAS ARQUITECTONICOS S.A.	006000750248	Ahorro	Para pago en Efectivo se debe realizar en el acompañamiento de pago un cheque autorizado.		

\*SUJETO A POLÍTICA DE CAMBIOS Y DEVOLUCIÓN DE DINEROS PUBLICADA EN LA PAGINA WEB\*

**Nota:**  
\* Antes de hacer su pedido por favor verifique las medidas reales en obra.  
\* Antes de confirmar la compra favor validar la disponibilidad de inventario con su asesor Comercial.  
\* Sujeto a referencias.

ARKOS S.A. garantiza la calidad, idoneidad, eficiencia y seguridad de los productos, siempre y cuando se cumplan los parámetros, recomendaciones y sugerencias de uso, manejo, instalación y mantenimiento informadas por asesores, hojas técnicas y certificado de garantía entregados al momento de su compra.

NIT. 800 18 860 1 REGISTRO DE CONTRIBUYENTES REG. 010338 14700018	<b>MAURICIO MONTENEGRO GATDIN</b> Asesor Comercial Arkosacortar Toboán	Firma Aprobación
Cr: 54 No. 79b-47 PBX: 4322440 http://www.arkos.com.co E-mail: ventas@arkos.com.co Bogotá D.C. - Colombia		

	Producto	Precio	Precio pieza	Cantidad	Total pedido
x	<p style="color: red; text-decoration: underline;">NYLON (PA 6) NEGRO BARRA REDONDA 12 MM. - 3000</p> Peso: .44 kg Tamaño: 3000 mm  SKU: 2801360075596  Certificado de material según norma EN 10204 2.2, otro certificado, consultar antes de realizar el pedido.  longitud: 3000	1,33 €/ metro	3,99 €	1	3,99 €

## **ANEXO 4**

### **RECOMENDACIONES**

El análisis financiero del diseño de una máquina de desinfección por medio de radiación ultravioleta da como resultado unos costos elevados si se trata de realizar la construcción de una única unidad, esto a consecuencia del costo de los moldes y el proceso de fabricación en general, en consecuencia, a esto se recomienda realizar la fabricación de por lo menos 10.000 unidades de la máquina de desinfección, lo cual hace un proyecto viable de manera financiera.

A lo largo del documento, se hace la debida justificación y se explican detalladamente cada sistema y sus correspondientes componentes de manera milimétrica, por ende, para una futura elaboración y construcción de la maquina se recomienda el seguimiento estricto de las dimensiones y procesos descritos en los planos de diseño.

A raíz de lo nocivo que puede llegar a ser la radiación ultravioleta de tipo C, y una vez construida las piezas y sistemas de la máquina de desinfección, es de estricto cumplimiento los manuales de ensamble, instalación, operación y seguridad que se establecen en el documento.

Con el fin de garantizar la eficiencia de la máquina de desinfección se recomienda cumplir con los estándares específicos de piezas normalizadas en el actual documento.

Se recomienda la elaboración de un primer prototipo.