

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE ACABADO Y EMPAQUE
DE APLICADORES VAGINALES PARA LA EMPRESA DAKOTA PLÁSTICOS

JOSETH STEVEN ARIAS ROZO
JORGE ANDRES LIEVANO ANTIVAR

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.018

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE ACABADO Y EMPAQUE
DE APLICADORES VAGINALES PARA LA EMPRESA DAKOTA PLÁSTICOS

JOSETH STEVEN ARIAS ROZO
JORGE ANDRES LIEVANO ANTIVAR

Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.018

Nota de aceptación:

Ing. Víctor Raúl González
Presidente del Jurado

Ing. Rodrigo Sorzano
Jurado 1

Ing. Jairo A. Coral
Jurado 2

Bogotá D.C. 31 de octubre de 2.018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

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

Este logro es gracias a todas aquellas personas que estuvieron junto a mí durante todo este proceso, a mi abuela ya que fue participe para la culminación de esta gran etapa, a mi mama por su apoyo en cada momento, al igual que mi hermano y padrastro, a mis amigos por su compañía en cada momento difícil de este proceso, gracias a cada uno de ustedes.

Joseth Steven Arias Rozo

Este proyecto tiene un gran significado en conjunto, por tal motivo es un gran placer para mí, dedicar este esfuerzo a todas las personas que colaboraron y apoyaron de una u otra forma al buen término de este trabajo. En primer lugar a Dios que nos brindó la fuerza, salud, sabiduría y constancia para culminar el proyecto. A nuestras familias, que fueron incondicionales todos los días y una excelente base para nuestra formación.

Jorge Andrés Liévano Antivar

Le agradecemos a nuestro orientador el Ingeniero Víctor Raúl González por su colaboración, paciencia y entrega durante la elaboración del proyecto.

A la Universidad de América y a sus docentes porque contribuyeron en nuestro desarrollo profesional como personal, aportándonos día a día sus conocimientos.

A la empresa Dakota Plásticos LTDA., por su colaboración y apoyo en este proyecto, obteniendo un buen resultado de nuestro trabajo de grado y desarrollando para ellos un proceso óptimo y rentable.

Adicionalmente a nuestros padres, familiares y amigos, quienes siempre estuvieron ahí, apoyándonos moralmente.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	21
1.1 PROCESO DE APLICADORES VAGINALES	21
1.2 MODO DE USO	23
1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	25
1.4 NORMAS DE SANIDAD Y CALIDAD	25
2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS	28
2.1 UBICACIÓN	28
2.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	29
2.2.1 Nivel de producción	29
2.2.2 Fuerza necesaria para el ensamble (émbolo-cánula)	29
2.2.3 Tamaño del aplicador	30
2.3 TIPO DE ENERGÍA	31
2.4 FÁCIL MANTENIMIENTO	31
3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO	32
3.1 PLANTIAMIENTO DE ALTERNATIVAS	32
3.1.1.1 Alternativa 1: Corte	32
3.1.1.2 Alternativa 2: Calor	34
3.1.1.3 Alternativa 3: Desbaste	35
4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	39
5. DISEÑO CONCEPTUAL	41
5.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	41
5.2 SISTEMA DE ENSAMBLE	42
5.3 SISTEMA DE REMOCIÓN DE REBABA	42
5.4 SISTEMA DE EMPAQUE	42
6. DISEÑO DETALLADO	49
6.1 SISTEMAS DE LA MÁQUINA	49
6.2 SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	50
6.2.1 Diseño del resorte	52
6.2.2 Guía de acompañamiento	59
6.2.3 Guía de avance	61
6.2.4 Diseño del pasador de las guías de acompañamiento	63
6.3 SUBSISTEMA DE ENSAMBLE	67
6.3.1 Rueda de procesos	67

6.3.2 Selección del servo motor	70
6.3.3 Cálculo del eje	75
6.3.3.1 Análisis de falla	80
6.3.3.2 Análisis por fatiga	85
6.3.4 Selección de rodamientos	91
6.3.5 Sub-sistema de ensamble	92
6.3.6 Rodillo de ensamble	95
6.4 SUBSISTEMA DE REMOCIÓN DE REBABA	98
6.4.1 Mototool	99
6.4.2 Cilindro neumático	101
6.4.3 Calibrador del sistema de remoción	104
6.5 SUBSISTEMA DE LIMPIEZA	105
6.6 SUBSISTEMA DE EMPAQUE	106
6.6.1 Empaquetadora Flow-pack Ref EUR-250-D	106
6.6.2 Acople entre las dos máquinas	109
6.6.3 Sistema de expulsión	110
6.7 ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO DE LA MÁQUINA	112
6.8 SOLDADURA DEL PUNTO CRÍTICO	115
6.9 DIAGRAMA ELECTRICO	118
7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	119
7.1 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA	130
8. MANUALES	133
8.1 MANUAL DE INSTALACIÓN	133
8.1.1 Listado de piezas	133
8.2 MANUAL DE OPERACIÓN	147
8.2.1 Preparación	148
8.2.2 Inicio	149
8.2.3 Operación	149
8.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	149
8.3.1 Mantenimiento de la estructura	150
8.3.3 Mantenimiento de los rodamientos	150
8.3.4 Mantenimiento del rodillo de ensamble	151
8.3.5 Mantenimiento del mototool	152
8.3.6 Mantenimiento del servo motor	152
8.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	153
9. ANÁLISIS AMBIENTAL	155
9.1 IMPACTO AMBIENTAL	155
9.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	155
10. EVALUACIÓN FINANCIERA	158
10.1 COSTOS	158

10.2 BENEFICIOS DEL PROYECTO	162
10.3 ANÁLISIS FINANCIERO	162
10.3.1 Ganancia que genera la máquina	162
10.3.2 Periodo de recuperación	166
10.3.3 Valor presente neto	166
11. CONCLUSIONES	168
12. RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFÍA	170
ANEXOS	172

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Cánula con rebaba	21
Imagen 2. Inserción émbolo-cánula	22
Imagen 3. Aplicador empacado	22
Imagen 4. Cánula-ém bolo	23
Imagen 5. Aplicador	24
Imagen 6. Forma de alojar el aplicador en la vagina	24
Imagen 7. Ficha técnica del aplicador	26
Imagen 8. Cuarto Disponible para la máquina	28
Imagen 9. Dimensiones del cuarto	28
Imagen 10. Ensayos para determinar la fuerza de ensamble	30
Imagen 11. Experimento para quitar rebaba	32
Imagen 12. Cuchilla afilada acercándose al aplicador	33
Imagen 13. Resultado corte por cuchilla	33
Imagen 14. Proceso con calor	34
Imagen 15. Calentamiento de la lámina de acero	35
Imagen 16. Perfil de la cánula después del procedimiento	35
Imagen 17. Lijas seleccionadas	36
Imagen 18. Procedimiento de remoción de rebaba por pulido	37
Imagen 19. Acabado final con la lija número 120	38
Imagen 20. Resultados de las alternativas	39
Imagen 21. Subsistemas de la máquina	41
Imagen 22. Sistema de alimentación	41
Imagen 23. Proceso de alimentación	43
Imagen 24. Discos con las ranuras	44
Imagen 25. Fase de ensamble	45
Imagen 26. Fase de remoción de rebaba	45
Imagen 27. Fase de limpieza	46
Imagen 28. Fase de Expulsión	46
Imagen 29. Flow pack	47
Imagen 30. Tablero de control de flow pack	48
Imagen 31. Diseño de la máquina	48
Imagen 32. Diagrama de sub-sistemas de la máquina	50
Imagen 33. Esquema representativo de alimentación de la máquina	50
Imagen 34. Sistema de alimentación	52
Imagen 35. Diagrama de fuerzas en el aplicador	52
Imagen 36. Diagrama de cuerpo libre	53
Imagen 37. Sistema de alimentación por resorte	55
Imagen 38. Catálogo para selección de resorte	57
Imagen 39. Resorte hecho por la empresa fabricante	58
Imagen 40. Diseño del resorte	58

Imagen 41. Guías de acompañamiento	59
Imagen 42. Unión de guías de acompañamientos	60
Imagen 43. Longitud de Guía de acompañamiento	60
Imagen 44. Diseño de unión de guías	61
Imagen 45. Guía de avance	61
Imagen 46. Vistas de guía de avance	62
Imagen 47. Vistas de Guías y aplicadores	62
Imagen 48. Empujador montado sobre estructura	63
Imagen 49. Pasador en guía de acompañamiento	64
Imagen 50. Pasador en guía de acompañamiento	64
Imagen 51. Diagrama de fuerzas en el pasador	65
Imagen 52. Rueda de procesos	68
Imagen 53. Rueda de procesos con detalles de diseño	68
Imagen 54. Tiempos de proceso	71
Imagen 55. Total de tiempos	72
Imagen 56. Selección de servo motor	74
Imagen 57. Montaje de servomotor	75
Imagen 58. Eje de transmisión	75
Imagen 59. Diagrama de cuerpo libre del eje	76
Imagen 60. Diagrama de cargas cortante y momentos flectores	78
Imagen 61. Diagrama de cargas a compresión	80
Imagen 62. Circulo de Mohr	83
Imagen 63. Cargas en los rodamientos	92
Imagen 64. Posición del rodillo frente al aplicador	93
Imagen 65. Contacto entre rodillo y aplicador	93
Imagen 66. Rodillo de 3 mm de diámetro	94
Imagen 67. Rodillo de diámetro 9 mm	94
Imagen 68. Rodillo de diámetro 18 mm	95
Imagen 69. Ensamble final con rodillo	95
Imagen 70. Ensamble	96
Imagen 71. Diagrama de fuerzas en rodillo de ensamble	96
Imagen 72. Sub-sistema de Remoción de rebaba	99
Imagen 73. Selección del mototool	100
Imagen 74. Selección del esmeril	101
Imagen 75. Sistema de remoción de rebaba	102
Imagen 76. Selección del cilindro	103
Imagen 77. Especificaciones del cilindro	103
Imagen 78. Calibrador para la remoción de rebaba	105
Imagen 79. Empaquetadora Flow-pack Ref EUR-250-D	106
Imagen 80. Flow Pack horizontal con dimensiones	107
Imagen 81. Codificador tipo INK PRINTER	108
Imagen 82. Pirómetro digital	108
Imagen 83. Foto celda	109
Imagen 84. Espacio disponible para la caída del aplicador	109

Imagen 85. Expulsor	110
Imagen 86. Contacto entre aplicador y expulsor	110
Imagen 87. Embudo	111
Imagen 88. Banda transportadora Flow-Pack	111
Imagen 89. Espaciadores banda transportadora	112
Imagen 90. Tablero de control	112
Imagen 91. Imagen Plano electro neumático	114
Imagen 92. Puntos de soldadura	115
Imagen 93. Cargas sobre soldadura	115
Imagen 94. Longitud del tramo b	116
Imagen 95. Longitud del tramo d	116
Imagen 96. Tamaño chaflán de soldadura	118
Imagen 97. Sistema eléctrico	118
Imagen 98. Vista lateral de la estructura	119
Imagen 99. Diagrama de cuerpo libre de la estructura	120
Imagen 100. Empotramiento nodos interiores	120
Imagen 101. Momento de empotramiento primer tramo	122
Imagen 102. Momento de empotramiento segundo tramo	123
Imagen 103. Diagrama de cuerpo libre final	125
Imagen 104. Tamo AB	125
Imagen 105. Tramo BD	126
Imagen 106. Tramo DF	127
Imagen 107. Diferencial de área en D	128
Imagen 108. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector	129
Imagen 109. Estructura de alimentación con carga distribuida	131
Imagen 110. Análisis de deformación	131
Imagen 111. Análisis de esfuerzos	132
Imagen 112. Estructura máquina	134
Imagen 113. Ensamble sistema de alimentación y procesos	135
Imagen 114. Ensamble guías a la estructura	135
Imagen 115. Ensamble Guía de acompañamiento a la guía de avance	136
Imagen 116. Ensamble empujador a la guía de acompañamiento	136
Imagen 117. Tapones en los extremos del resorte	137
Imagen 118. Ensamble y partes en guía de acompañamiento	137
Imagen 119. Tornillos en guías	138
Imagen 120. Tornillos en unión de guías	138
Imagen 121. Ensamble unión de guías	139
Imagen 122. Ensamble unión de guías en la estructura	139
Imagen 123. Vista de la unión de guías	140
Imagen 124. Ensamble de mototool a la estructura	140
Imagen 125. Ensamble rodamientos a la estructura	141
Imagen 126. Ensamble del eje y el acople a la estructura	141
Imagen 127. Ensamble discos a la estructura	142
Imagen 128. Ensamble de buje separador	142

Imagen 129. Ensamble tambor a estructura	143
Imagen 130. Ensamble cilindro neumático	143
Imagen 131. Ensamble cilindro neumático a estructura	144
Imagen 132. Partes de ensamble mototool	144
Imagen 133. Ensamble mototool	145
Imagen 134. Partes rodillo de ensamble	145
Imagen 135. Ensamble rodillo a la estructura	146
Imagen 136. Placa expulsora	146
Imagen 137. Ensamble sistema de expulsión	147
Imagen 138. Sub sistema de alimentación totalmente lleno	149
Imagen 139. Tornillos de soporte en guías de acompañamiento	150
Imagen 140. Rodamientos alineados	151
Imagen 141. Rodillo de ensamble	152

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Procedimiento para momentos de estructura	122
Cuadro 2. Posibles causas de los problemas	152
Cuadro 3. Plan de mantenimiento	152
Cuadro 4. Impacto ambiental de la máquina	154

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados experimentales	29
Tabla 2. Valores a y b, para factor k_a	87
Tabla 3. Factores de esfuerzos k_t	88
Tabla 4. Lista de elementos	132
Tabla 5. Proceso con mayor impacto	155
Tabla 6. Costos de ingeniería	158
Tabla 7. Costo elementos de la máquina	159
Tabla 8. Costos de fabricación y montaje	159
Tabla 9. Costo total de inversión	160
Tabla 10. Costo anual de operación y mantenimiento	161
Tabla 11. Flujo de caja con máquina	162
Tabla 12. IPC	163
Tabla 13. Flujo de caja manual	164

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha técnica del PAD .	173
Anexo B. Ficha técnica del PBD .	174
Anexo C. Cotización resorte	175
Anexo D. Catálogo de Ultrapol.	176
Anexo E. Servomotor	177
Anexo F. Servomotor dimensiones	178
Anexo G. Dimensiones generales del servomotor	179
Anexo H. Propiedades del acero inoxidable 304	180
Anexo I. Cuñeros y cuñas	181
Anexo J. Rodamiento de 1/2 in	182
Anexo K. Rodamiento 7/8 in	183
Anexo L. Productos Dakota	184
Anexo M. Tapas.	185
Anexo N. Tapa disco.	186
Anexo O. Tapa hongo.....	187
Anexo P. Tapa push down	188
Anexo Q. Empaquetadora	189
Anexo R. Especificaciones empaquetadora	190
Anexo S. Soldadura	191

RESUMEN

Con este proyecto se busca eliminar el exceso de material (rebaba) presente luego de la fabricación de los aplicadores vaginales por la empresa Dakota Plásticos Ltda., a su vez mejorando este proceso se pretende disminuir tiempos en la elaboración y despacho de los aplicadores, ya que actualmente la remoción de rebaba del aplicador se elabora de manera manual. Con el fin de satisfacer las necesidades de la empresa, se analizan las características del proceso de acabado, para que de esta manera se de una posible solución al problema.

Teniendo en cuenta la información proporcionada por la empresa y el análisis pertinente del proceso, se plantearon tres alternativas de solución para el problema, buscando de esta manera la mejor opción en cuanto a la economía, mejora en la calidad del producto y de esta manera cumplir con los objetivos planteados.

Se logró diseñar una maquina capaz de remover el exceso de material que impedía el buen funcionamiento de los aplicadores vaginales, además de eso ensambla y limpia a la vez el aplicador. Mediante el análisis de elementos finitos se demostró que el elemento más crítico es capaz de soportar los esfuerzos que genera el proceso. Seguido a esto se realizaron manuales de montaje, operación y mantenimiento, como también un análisis ambiental y una evaluación financiera con el fin de establecer la viabilidad del proyecto para la empresa.

Palabras clave:

Diseño de máquina, Rebaba, Exceso de material, Aplicadores vaginales, Resistencia del material.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años dentro del mercado colombiano, se ha visto un crecimiento importante en la industria del plástico, los procesos para la elaboración de estos son cada vez más rápidos y eficientes, evidenciando así la disminución de tiempos, que es esencial a la hora de la permanencia y alta competitividad dentro de dicho mercado.

Cabe resaltar, que para obtener resultados en menor tiempo y eficaces, debe analizarse el estado de tres aspectos fundamentales, como son calidad, tiempo y costos. Así las cosas, las soluciones que se requieran para incrementar la productividad van desde cambios totales en los métodos de trabajo hasta el mejoramiento continuo de los procesos.

Es por lo dicho anteriormente, que este proyecto se basa en el diseño de una máquina para el proceso de acabado (remoción de rebaba) y empaque de aplicadores vaginales, la cual le permita a la empresa **Dakota Plásticos Ltda.**, mejorar la eficiencia en su proceso, disminuyendo tiempos en las diferentes etapas de este, y una vez implementado, lograr hacerla más competitiva dentro del mercado, ya que en gran parte la producción depende de la velocidad con la que el operario ejecuta dichas etapas del proceso.

Es así, que surge la importancia del presente proyecto, como posible solución para mejorar la eficiencia del proceso, así como obtener una mayor homogeneidad del producto final, lo cual permitirá a la empresa ser más competitiva frente a otras empresas del mismo sector.

El origen de este trabajo, nace luego de evidenciar la siguiente problemática: después del proceso de inyección, los procesos de pre-ensamble, ensamble, remoción de rebaba y empaque, se realizan de forma manual lo que genera pérdidas de tiempo, de calidad y homogeneidad del producto, teniendo en cuenta que en esta era, las empresas están implementando tecnología, buscando así una mayor eficiencia y por ende una mejor y alta productividad. La no tecnificación de las industrias, como es el caso específico de la empresa **Dakota Plásticos**, quien ha venido realizando sus procesos de manera manual, genera efectos negativos, como lo son altos costos de producción e incumplimiento de pedidos, llevando a veces a la pérdida del cliente por retrasos en las entregas.

Durante la etapa del proceso, en donde se evidencia la mayor pérdida de tiempo es la de remoción del exceso de material (rebaba) presente en el aplicador, este exceso de material es usual encontrarlo en productos obtenidos por el proceso de inyección de plástico, a veces con la diferencia de que esos sobrantes no influyen en la utilización final del producto, en el caso de los aplicadores el exceso de material, evita el uso adecuado del aplicador perjudicando la integridad física de la persona que desee utilizarlo.

Para llevar a cabo el proyecto y darle solución a la problemática se determina un objetivo general, el cual es: **“Diseñar una máquina para el proceso de acabado y empaque de aplicadores vaginales para la empresa Dakota Plásticos Ltda.”**

Ahora bien, para el cumplimiento de dicho propósito, se debe tener en cuenta los siguientes objetivos específicos;

- Recolectar información del proceso de producción de los aplicadores vaginales.
- Establecer parámetros y requerimientos de diseño para la máquina que realizará el proceso de acabado y empaque.
- Establecer alternativas conceptuales para los procesos de acabado.
- Seleccionar la alternativa de diseño más adecuada.
- Elaborar el diseño detallado de equipos y mecanismos que componen la alternativa de diseño seleccionada.
- Analizar uno de los elementos críticos mediante el método de elementos finitos.
- Realizar los planos de fabricación de la máquina diseñada.
- Elaborar manuales de operación, mantenimiento y montaje.
- Hacer la evaluación financiera del proyecto.
- Realizar análisis ambiental.

El alcance de este proyecto está ligado netamente a los objetivos específicos, puesto que el cumplimiento de cada uno de estos, llevará a lograr el objetivo final, que es el diseño y simulación de una máquina para el acabado y empaque de aplicadores vaginales. Dicho esto, cabe aclarar que no se va a realizar un prototipo o construcción de la misma, puesto que la decisión de construir la máquina una vez terminado este proyecto, correrá por cuenta de la empresa.

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 PROCESO DE APLICADORES VAGINALES

El proceso de fabricación del aplicador vaginal se compone de cuatro etapas principales, las cuales se exponen a continuación.

Proceso de inyección: Primera etapa de producción, en esta etapa se le da forma al plástico, mediante un proceso de moldeo se llega a la forma de cilindro, el cual es el cuerpo del aplicador vaginal, en otra máquina de inyección se hace el mismo proceso para el émbolo.

Remoción de rebaba: Una vez concluido el proceso de inyección, en la cánula queda un exceso de material, el cual se puede apreciar en la Imagen 1, este exceso de material influye en el uso adecuado del aplicador, por ese motivo tiene que ser sometido a un desprendimiento de material por parte del operario, de forma manual y con ayuda de una cuchilla. Esta rebaba se genera por error del molde, el cual es utilizado en el proceso para la inyección de la cánula del aplicador, no se corrige esta falla ya que la compra de un molde para corregir este defecto, sería de un valor muy elevado para la fábrica en cuanto a su costo.

Imagen 1. Cánula con rebaba



Fuente: Elaboración propia.

Ensamble: Esta es la etapa donde se recibe la cánula y el émbolo por separado, para posteriormente ser ensamblados; insertando el émbolo en la parte interior de la cánula o cuerpo del aplicador, como se observa en la Imagen 2. Para su ensamble el operario debe ejercer la fuerza suficiente para vencer la pequeña resistencia que tiene el émbolo, y así lograr el ensamble adecuado para asegurar la perfecta aplicación del contenido (crema).

Imagen 2. Inserción émbolo-cánula



Fuente: Elaboración propia.

Empaque: Última etapa en la producción del aplicador vaginal, en esta etapa el operario se encarga de insertar el aplicador en bolsa plástica transparente, para luego ser sellada, este proceso lo hace manualmente con ayuda de una máquina selladora, y de esta manera quedar empaçado, como se puede observar en la Imagen 3.

Imagen 3. Aplicador empaçado



Fuente: Elaboración propia.

1.2 MODO DE USO

Los aplicadores vaginales son diseñados para ser el medio por el cual se transporta crema o cualquier otra sustancia para tratamiento, y prevención de algún tipo de infección bacteriana, previo prescripción médica. Las cremas vaginales también se utilizan durante la menopausia y la postmenopausia, para tratar los síntomas que de ellos se derivan, dicho esto es un elemento esencial para el uso íntimo de la mujer¹.

El aplicador vaginal consta de un cilindro hueco (cánula) y del émbolo el cual es separable de la cánula como se observa en la Imagen 4, esta condición permite una perfecta introducción de la crema en la vagina de la mujer.

En el link adjunto, se puede observar de manera mucho más detallada el paso a paso de cómo introducir el aplicador, y como prepararse para dicho procedimiento.

Imagen 4. Cánula-émbolo



Fuente: Elaboración propia.

La forma correcta de utilizar el aplicador vaginal es la siguiente: Se mantiene el aplicador en forma vertical, con el émbolo en la parte inferior de la cánula, como se observa en la Imagen 5, de esta forma se vierte la crema dentro de la cánula con los miligramos formulados.

¹WIKIHOW. Como aplicar una crema vaginal. Salud de la mujer. [citado 15 de febrero del 2015]. Disponible en: <https://es.wikihow.com/aplicar-una-crema-vaginal>.

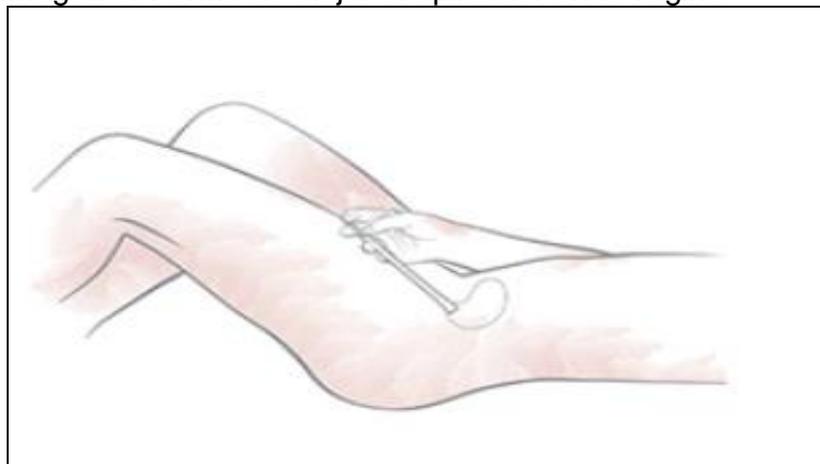
Imagen 5. Aplicador



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente es insertado en la vagina, y se presiona el émbolo por completo, sosteniendo firmemente la cánula. Toda la crema se desplazará en el interior de la vagina como se aprecia en la imagen 6.

Imagen 6. Forma de alojar el aplicador en la vagina



Fuente: Gynocanesten. Grupo Bayer. [citado 18 de enero2013]. Disponible en: <http://www.gynocanesten.com.co/es/female/sintomas/candidiasis/productos/>.

1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En la actualidad existen diversos tipos de aplicadores vaginales, pero este proyecto se centra en el trabajado por la empresa Dakota Plásticos Ltda., el cual es el aplicador vaginal **press**. Este es un tipo de aplicador vaginal de los más sencillos, pero a su vez de los más utilizados en la industria farmacéutica.

Este tipo de aplicador **press**, consta de cánula y émbolo, con una masa aproximada de 3,60 g y 1,2 g respectivamente, la cantidad dosificada está entre 5,0 g – 6,0 g, esta cantidad varía dependiendo de la prescripción médica. La cánula tiene como dimensiones 12 mm de diámetro de entrada y una longitud de 120 mm; mientras que el émbolo tiene una longitud de 133 mm. Estos datos fueron obtenidos de la ficha técnica que se observa en la Imagen 7, otorgada por la empresa.

1.4 NORMAS DE SANIDAD Y CALIDAD

Para garantizar la calidad continua de sus productos, la empresa está certificada internacionalmente con ISO 9001, certificación BPM ISO 15378, FDA. Cumple con los estándares de fabricación de clase mundial en ambientes controlados, asepsia garantizada y el registro sanitario INVIMA.

Los fabricantes deben emplear prácticas de manufactura B.P.M² y almacenar los aplicadores vaginales a una temperatura no mayor a 30° C con su envase y empaque original.

²Prácticas de manufactura B.P.M: Se aplican en todos los procesos de elaboración y manipulación de alimentos, y productos que se necesita unas excelentes condiciones sanitarias.

Imagen 7. Ficha técnica del aplicador

LINEA DOSIFICADORES

APLICADOR VAGINAL PRESS

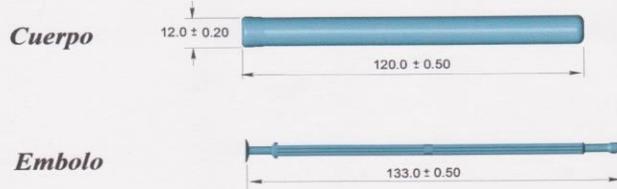


Cuerpo
Embolo

Información Técnica

	<i>Cuerpo</i>	<i>Embolo</i>
Material	Polietileno de Baja Densidad	Polietileno de Alta Densidad
Peso	3.60 ± 0.30 g	1.2 ± 0.20 g
Dosificación	5.0 g. ± 10%	

Dimensiones



Cuerpo 12.0 ± 0.20 120.0 ± 0.50

Embolo 133.0 ± 0.50

DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

NIT. 830.131.374-2 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12 -37
Tel./ Phone: + 57.1 2621580
Fax: + 57.1 4945316
E-mail: dakoplast1@hotmail.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

Este tipo de aplicador vaginal es muy utilizado debido a los altos índices de higiene con los que cuenta y que su diseño es mucho más sencillo de manejar. Gracias a que son reutilizables, tienen que soportar un lavado con agua caliente, sin que pierda su consistencia y su rigidez, dado que algunas de las cremas son más viscosas que otras, el émbolo tiene que tener cierto grado de rigidez, para lograr esas características, la empresa se inclina por el polietileno de baja densidad para la cánula, y por su parte polietileno de alta densidad para el émbolo.

A continuación, se mencionan las características específicas de cada uno de los materiales que la empresa maneja para la producción de los aplicadores vaginales.

El polietileno de alta densidad: es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad). Este material se utiliza entre otras cosas, para la elaboración de envases plásticos, cucharas, émbolos, etc.

La ficha técnica del polietileno de alta densidad que utiliza la empresa se muestra en el anexo A.

El polietileno de baja densidad: es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (Low Density Polyethylene) o PEBD, polietileno de baja densidad.

Este material sirve para la elaboración de diferentes productos como láminas planas y tubulares, planchas, tubos, monofilamentos, redes y tubos flexibles interconectables, tacos, y varas de aditivos para soldar, cajas para el transporte de botellas de bebidas, etc.

La ficha técnica del polietileno de baja densidad que utiliza la empresa se muestra en el Anexo B.

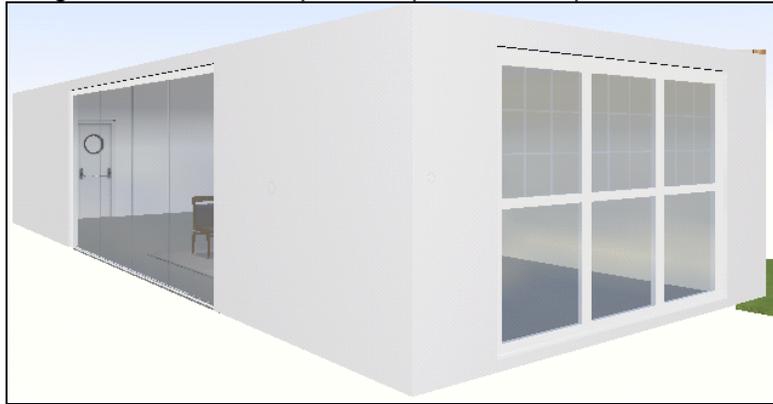
2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

2.1. UBICACIÓN

Es importante definir el espacio en donde estará situada la máquina, puesto que su diseño depende de este espacio, de tal forma que se tenga facilidad del montaje y a su vez que los operarios puedan transitar fácilmente alrededor de ella, también teniendo en cuenta futuros mantenimientos y el acceso a ella sea mucho más sencillo.

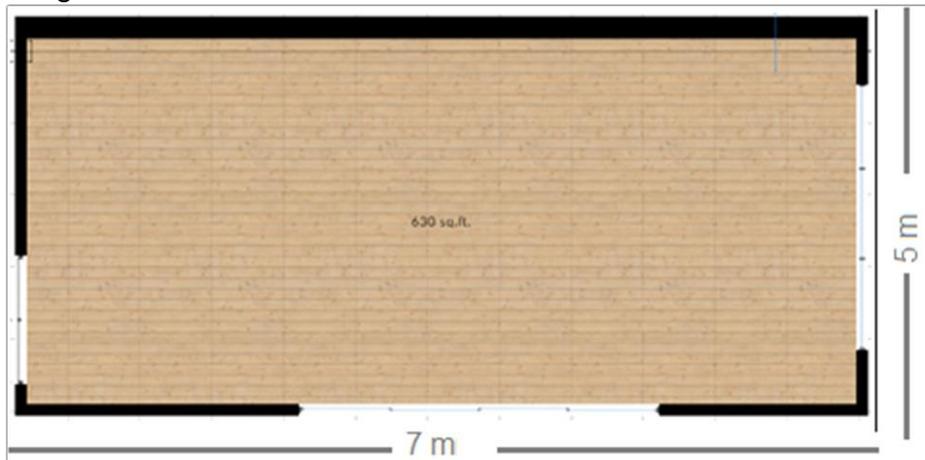
Para el montaje de la máquina la empresa dispone de un cuarto en el interior de la planta de producción como se muestra en la Imagen 8 y las correspondientes dimensiones son relacionadas en la Imagen 9.

Imagen 8. Cuarto Disponible para la máquina



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9. Dimensiones del cuarto



Fuente: Elaboración propia.

2.2 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Durante el desarrollo de la máquina, hay ciertos requerimientos funcionales que se deben tener en cuenta para la producción de aplicadores vaginales, a continuación los exponemos de manera más detallada:

- Nivel de producción
- Fuerza de ensamble
- Tamaño del aplicador vaginal
- Materiales a utilizar
- Tipo de energía eléctrica
- Fácil mantenimiento

2.2.1 Nivel de producción. Actualmente la producción de aplicadores vaginales es de 625 unidades diarias en turnos de 8 horas. El proceso es realizado de forma manual por cinco (5) operarios, quienes son los encargados de insertar el émbolo dentro de la cánula (1), ensamblar émbolo-cánula (2), remover la rebaba (3), empacar (4), sellar y despachar el producto a la bodega de almacenamiento (5), y posteriormente ser distribuidos a los clientes. Este proyecto busca aumentar la capacidad de producción de aplicadores vaginales entre un 30% y 50%.

2.2.2 Fuerza necesaria para el ensamble (émbolo-cánula). Con una báscula se mide la fuerza necesaria para el ensamble émbolo-cánula, se hacen 4 repeticiones de esta medición, y se obtienen los datos presentados en la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados experimentales

Número	Fuerza (kgf)
1	2,56
2	2,78
3	2,54
4	2,63

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 10. Ensayos para determinar la fuerza de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

Con mediciones de la fuerza que se realizaron con diferentes aplicadores, como se muestra en la Imagen 10, se concluyó que el menor valor de fuerza con el que se logra el ensamble es de alrededor de 3 kgf.

Sin embargo, dado que se tomaron pocos valores experimentales y la distribución de estos no es uniforme, se omite el valor mayor obtenido y se toma un valor superior de 3 kgf para abarcar todas las incertidumbres experimentales.

2.2.3 Tamaño del aplicador. Se tienen en cuenta las dimensiones de los aplicadores vaginales, dado que estos vienen de un proceso de inyección por moldeo, por ende todos poseen la misma medida, por dicha razón para el manejo del proceso se utiliza una medida estándar.

Las dimensiones de los aplicadores son proporcionadas por parte de la empresa, mediante un catálogo tal y como se observa en la ficha técnica de la imagen 7.y previamente corroboradas;

Cánula: Diámetro exterior=12 mm, Longitud=120 mm,

Émbolo: Longitud=133 mm.

2.2.4 Materiales a utilizar. Teniendo en cuenta que los aplicadores entran en contacto con el cuerpo de la mujer, se debe tener en cuenta la higiene en la producción de ellos, dado que el acero inoxidable es muy utilizado en la industria

farmacéutica, en la medicina, manipulación de alimentos y en hospitales, por esto se opta por manejar este material en las partes donde la máquina entra en contacto con el aplicador vaginal.

2.3 TIPO DE ENERGÍA

El suministro eléctrico con el que cuenta actualmente la empresa es de 220 V AC.

2.4 FÁCIL MANTENIMIENTO

Se desea que el mantenimiento sea realizado de forma fácil y rápida, buscando de esta manera eliminar tiempos de parada que a futuro afecten la producción de la empresa, dado que en la actualidad no cuenta con un plan de mantenimiento fijo.

3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Para el diseño del proceso de acabado se plantean tres alternativas con el fin de seleccionar la más adecuada para cumplir con los parámetros establecidos por la empresa, para la selección se hizo una serie de experimentos, para dar la mejor solución al objetivo de nuestro proyecto.

3.1.1.1 Alternativa 1: Corte. Este experimento se basa en el funcionamiento de un torno, donde el cuerpo del aplicador es sujetado mediante abrazaderas en un extremo, como se observa en la Imagen 11, estas giran gracias a un motor eléctrico. En el momento que se enciende el motor, el aplicador comienza a girar; simulando el movimiento del esmeril en los tornos, se comienza a acercar la cuchilla totalmente afilada a la boca de la cánula como se puede apreciar en la Imagen 12, de esta manera se logra remover el exceso de material presente en ella.

Debido a las revoluciones a las cuales está sometido el cuerpo del aplicador, el grado de exactitud de la cuchilla es fundamental para no llegar a retirar demasiado material, ya que esto impactaría a tal punto de modificar el diseño deseado para el aplicador.

Imagen 11. Experimento para quitar rebaba



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 12. Cuchilla afilada acercándose al aplicador



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Imagen 13, la cuchilla genera un corte al material no deseado es decir, al sobrante que se busca eliminar, es por ello que se necesitará una velocidad alta, dado que la rebaba no viene siempre en el mismo sentido, por lo que se requiere de instrumentos de alta precisión para no provocar una nueva rebaba, y de ser así, esto generaría aumento en el costo y por esto su mantenimiento sería mucho más elevado.

Imagen 13. Resultado corte por cuchilla



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2 Alternativa 2: Calor. la segunda opción que se estableció para la remoción de la rebaba es el uso de calor, en este experimento a diferencia del ejercicio anterior, se optó por reemplazar las cuchillas por una lámina de acero, a la cual se le aumenta la temperatura por medio de un soplete, alcanzando una temperatura adecuada, logrando así el desprendimiento de la rebaba, esto se consiguió haciendo girar el cuerpo del aplicador, de la misma forma que el ejercicio anterior. En este momento se le acerca la lámina caliente de forma paralela a la boca de la cánula, como lo muestra la Imagen 14.

Imagen 14. Proceso con calor

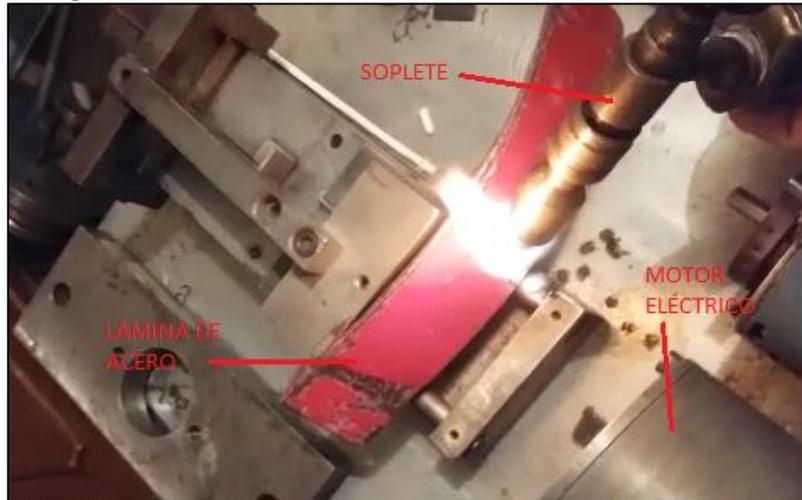


Fuente: Elaboración propia.

La lámina de acero se calienta mediante un soplete como se aprecia en la Imagen 15, cuando esta alcanza una temperatura entre 69°C - 70°C, medida tomada por un termómetro digital infrarrojo, se apaga el soplete buscando de esta manera no acercarse a la temperatura de deformación de la cánula (97 °C), pero a su vez conseguir el desprendimiento de exceso de material.

De esta manera se logró desprender el exceso de material, pero se observa que se da de una manera heterogénea como se evidencia en la imagen 16, lo que da un aspecto no muy agradable del aplicador a la vista del cliente, por este motivo no logra satisfacer las necesidades y requisitos exigidos por la empresa.

Imagen 15. Calentamiento de la lámina de acero



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 16. Perfil de la cánula después del procedimiento



Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.3 Alternativa 3: Desbaste. Como tercera opción se opta por el manejo de lijas. Como se sabe, el efecto que produce un objeto abrasivo sobre una superficie, es el de pulir o alisar esa superficie, este tipo de procedimiento es fundamental en cualquier tipo de trabajo de acabado.

En la actualidad, se cuenta con diferentes tipos de lija para diferentes tipos de usos, entre ellas están; Lijas de carburo de silicio, de óxido de aluminio, y de corion de circonio. Para este proceso, se tiene en cuenta la lija de carburo de silicio, este tipo de lija se utiliza para el lijado de materiales sólidos como: vidrio,

piedra, mármol, plásticos entre otros. Este tipo de lija posee un grano redondo, delgado y anguloso, lo cual brinda un buen acabado de la superficie lijada.

Para seleccionar la lija adecuada se tiene en cuenta también el número de grano, el cual es el encargado en darnos el grosor del mismo. Los diferentes granos se obtienen por cribado. El número de grano corresponde a la cantidad de cribas por pulgada cuadrada. Cuanto menor es el número de grano, mayor es éste, y por tanto más basto será el lijado³.

Dicho lo anterior, y dado que lo que se busca es conseguir una superficie uniforme sin ningún tipo de rugosidad, se tienen tres tipos de medidas de lija, para observar el acabado final de cada una de ellas. Dichas medidas son las siguientes: La primera lija es número 120, la segunda lija es una lija fina número 150, y la lija número tres es una lija muy fina número 220, como se muestra en la Imagen 17.

Se opta por trabajar con estos tres tipos de lijas, dado que son los más suaves, pero a su vez pose en el número de grano más alto en cada una de ellas, esto con el fin de una vida más larga y útil para la lija sin afectar el tipo de acabado.

Imagen 17. Lijas seleccionadas

Tela Esmeril Electrocut. Para trabajos generales.

Descripción	Código	Grano	Cantidad x Caja
Lija Electrocut	52665	#36	200 Hojas
	52838	#50	
	52807	#60	
	52663	#80	
	52738	#120	
	52832	#150	
	52834	#180	
	52809	#220	



- Operaciones de lijado en general. Ideales para lijar superficies delicadas o de difícil acceso.
- Mineral de óxido de aluminio con respaldo de tela.
- Abrasivo diseñado para lijado en seco de uso general.

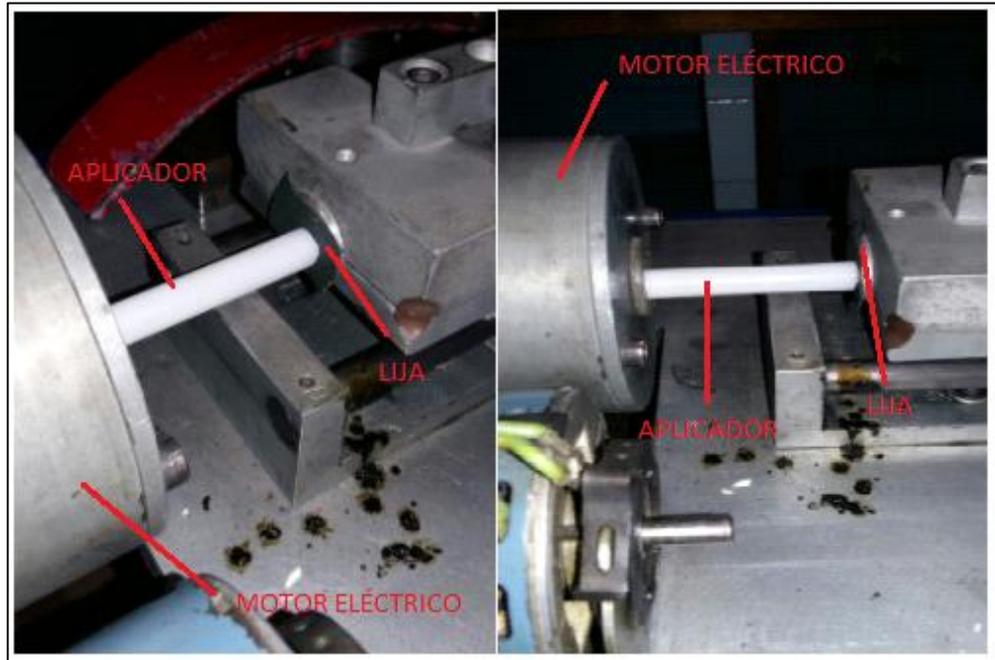
Fuente: 3M Ferretería. Catálogo de productos. En: Ventas [En línea]. 2009.[citado 15 de Marzo 2018]. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/572099O/ferreteria.pdf>.

El experimento es similar a los dos anteriores practicados. El cuerpo del aplicador vaginal se sujeta mediante abrazaderas al elemento giratorio (motor eléctrico), con

³ Brico-Todo. Consejos. Lijar. [citado 28 de Marzo del 2017] Disponible en: <http://www.bricotodo.com/lijar.htm>.

el aplicador girando a 1.200 rpm, se acerca la lija de manera paralela a la boca del aplicador por un tiempo de 1 segundo, este procedimiento se realiza tres veces, una para cada lija seleccionada como se observa en la Imagen 18.

Imagen 18. Procedimiento de remoción de rebaba por pulido



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar cuál de las tres lijas es la más adecuada para el proceso de acabado, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

Acabado final: teniendo en cuenta la rugosidad generada por el rozamiento entre la lija y el cuerpo del aplicador, ya que entre más grueso el grano más basto será el acabado final.

Control y calidad: La aceptación por parte de la empresa y su control de calidad, es fundamental para la toma de la decisión, dado que ésta busca ofrecer a sus clientes un producto en el mejor estado y de la mejor calidad.

Vida útil de la lija: Este criterio se tiene en cuenta para regular los mantenimientos de la máquina, y del mismo modo prolongar su uso, dado que al manejar una lija más suave, la vida útil puede llegar a disminuir.

El resultado final obtenido en los tres casos, es viable y satisface la necesidad de la empresa Dakota Plásticos Ltda., dado que en ninguno de los tres casos, el aplicador vaginal tiene complicaciones para su uso. Sin embargo, teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, para la selección de la lija, se opta por trabajar con la lija número 120, ya que siguiendo con los criterios, el

acabado final es adecuado y es aceptado por el control de calidad de la empresa como se observa en la Imagen 19, y la vida útil de esta lija, al tener el tipo de grano más grueso será más prolongada, ayudando al mantenimiento de la máquina.

Imagen 19. Acabado final con la lija número 120



Fuente: Elaboración propia.

4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Una vez expuestas las tres alternativas para el proceso de acabado, y sabiendo que para el diseño de la máquina es indispensable dicho proceso de remoción de rebaba: se plantearon y se ejecutaron las alternativas de forma experimental, gracias a esto se pudo determinar el resultado (acabado), que se obtiene luego de aplicar cada alternativa.

La selección de la alternativa va ligada enteramente a la aceptación por parte de la empresa, por tratarse de un producto de higiene personal. El inspector de control de calidad, analiza y examina los resultados obtenidos, como se muestra en la Imagen 20 junto al acabado actual que se maneja de manera manual.

Imagen 20. Resultados de las alternativas



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa de corte: como se puede observar en la Imagen 20 la cuchilla genera un corte no deseado al material, dado que llega a desprender más de lo que se desea eliminar. Dado que la rebaba no se encuentra en el mismo sentido, se requiere de instrumentos de una alta precisión, para no generar una nueva rebaba. Esto genera un aumento en el costo y por ende su mantenimiento será más elevado.

Alternativa con calor: se logró por este medio, desprender el material, pero se da de una manera heterogénea, como se observa en la Imagen 20, el aspecto del aplicador no es muy agradable a la vista del cliente, por este motivo no se logra satisfacer las necesidades y requisitos exigidos por la empresa.

Alternativa de desbaste: el acabado final es adecuado, como se observa en la Imagen 20 y es aceptado por el control de calidad de la empresa, la vida útil de la lija, al tener el tipo de grano más grueso será más prolongada, ayudando al mantenimiento de la máquina.

De lo anterior se puede concluir que la alternativa que cumple, satisface los parámetros y requerimientos del cliente es la número tres (desbaste), dado que produce una superficie homogénea y que satisface al inspector de calidad, y el desbaste que genera es de una manera homogénea.

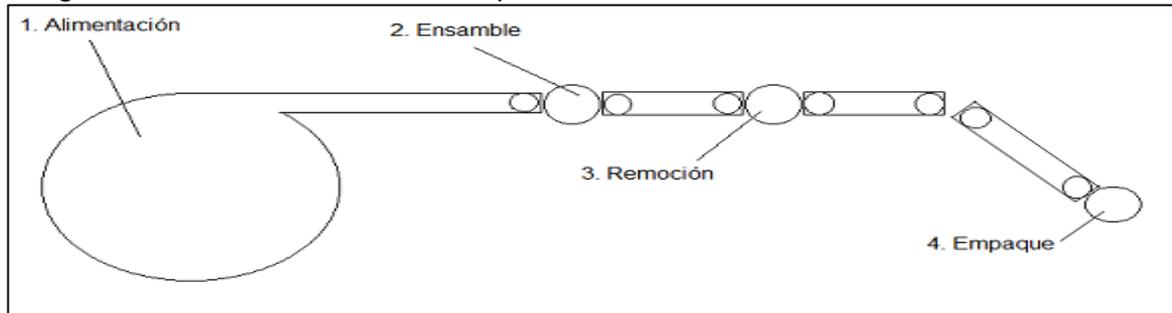
La alternativa seleccionada tiene como características principales:

- Calibre de la lija número 120.
- Número de revoluciones del motor 1.200 rpm mínimo.

5. DISEÑO CONCEPTUAL

Para el diseño conceptual se aplican las condiciones y requerimientos planteados anteriormente. La máquina propuesta en este proyecto consta de cuatro (4) subsistemas, como se muestra en la Imagen 21; los cuales van acoplados entre sí, para darle la funcionalidad completa a la máquina y a continuación serán explicados.

Imagen 21. Subsistemas de la máquina



Fuente: Elaboración propia.

5.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Este sistema es el encargado de realizar la primera función del proceso, que es el de suministrar a la máquina las cánulas y émbolos, dado que estos permanecen almacenados en unas lonas después de salir de la máquina inyectora, para esto es necesario que un operario coloque de forma manual los aplicadores en la banda de alimentación como lo muestra la Imagen 22, en el momento que se inicia el funcionamiento de la máquina, uno por uno los aplicadores llegarán al sistema de ensamble.

Imagen 22. Sistema de alimentación



Fuente: Neumopack. Llenadora y tapadora automática. [Videograbación]. 10 de noviembre 2008. Video en web, (4:38 min). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=LhfzUgN6G-E>.

5.2 SISTEMA DE ENSAMBLE

Este sistema es el encargado del ensamble entre el émbolo y la cánula, esto lo hace a través de una pequeña fuerza, ejercida por un rodillo sobre el émbolo, con el desplazamiento del aplicador por las guías. De esta manera se está rompiendo la resistencia y dejando en perfecto funcionamiento el aplicador vaginal, de tal forma que con un movimiento del émbolo se pueda succionar y aplicar la crema.

5.3 SISTEMA DE REMOCIÓN DE REBABA

Es el proceso más importante, ya que después del proceso de inyección, queda una rebaba en la boca de la cánula, y esto hace que sea un riesgo para la mujer a la hora de usarlo, esta función se puede llevar a cabo de diferentes maneras, ya sea por medio de calor, lija abrasiva, desprendimiento por cuchillas, entre otras soluciones que han sido evaluadas y expuestas en el Capítulo 3, que luego de ejecutar cada una de ellas se expuso cual es la más viable y adecuada para realizar dicho proceso.

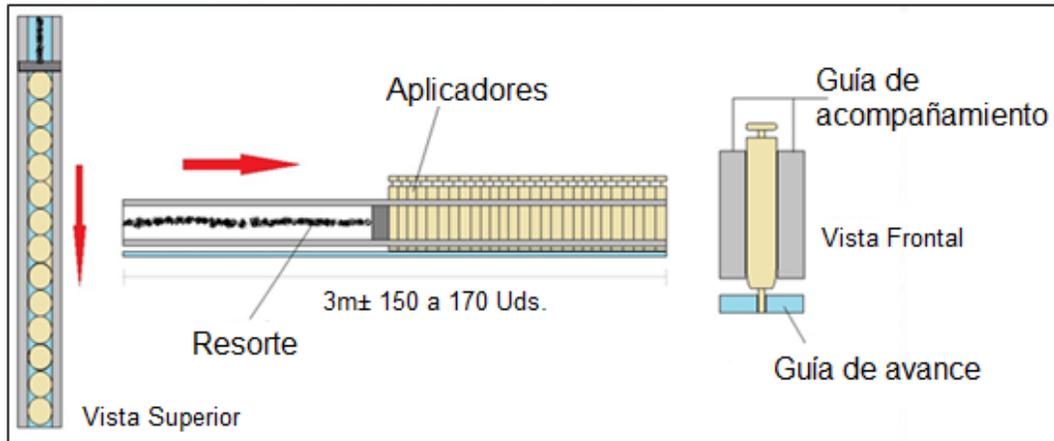
5.4 SISTEMA DE EMPAQUE

En este proceso se empaqueta el aplicador vaginal en forma individual, cumpliendo con normas de higiene y calidad exigidas por la empresa y por los entes reguladores en materia de sanidad, para luego ser llevados a la zona de transporte y cumplir con los pedidos requeridos.

Tomando lo anterior se establece el diseño de la máquina para el proceso de acabado y empaque de los aplicadores vaginales, y así darle solución al proceso anticuado, es decir al que se venía implementando por la empresa Dakota plásticos Ltda.

Esta máquina se alimenta de forma manual donde el operario introduce el émbolo dentro de la cánula sin ser ensamblados, de esta manera el operario los organiza en forma de hilera en las guías de alimentación; estas son dos filas ubicadas paralelamente que llegan a una misma entrada, compuesta por una compuerta, la cual le da el paso a la fila que ofrezca una fuerza mayor o la cual contenga más aplicadores, logrando acomodar una cantidad entre 150 a 200 aplicadores apilados uno detrás de otro, posteriormente la máquina es encendida para así comenzar su proceso.

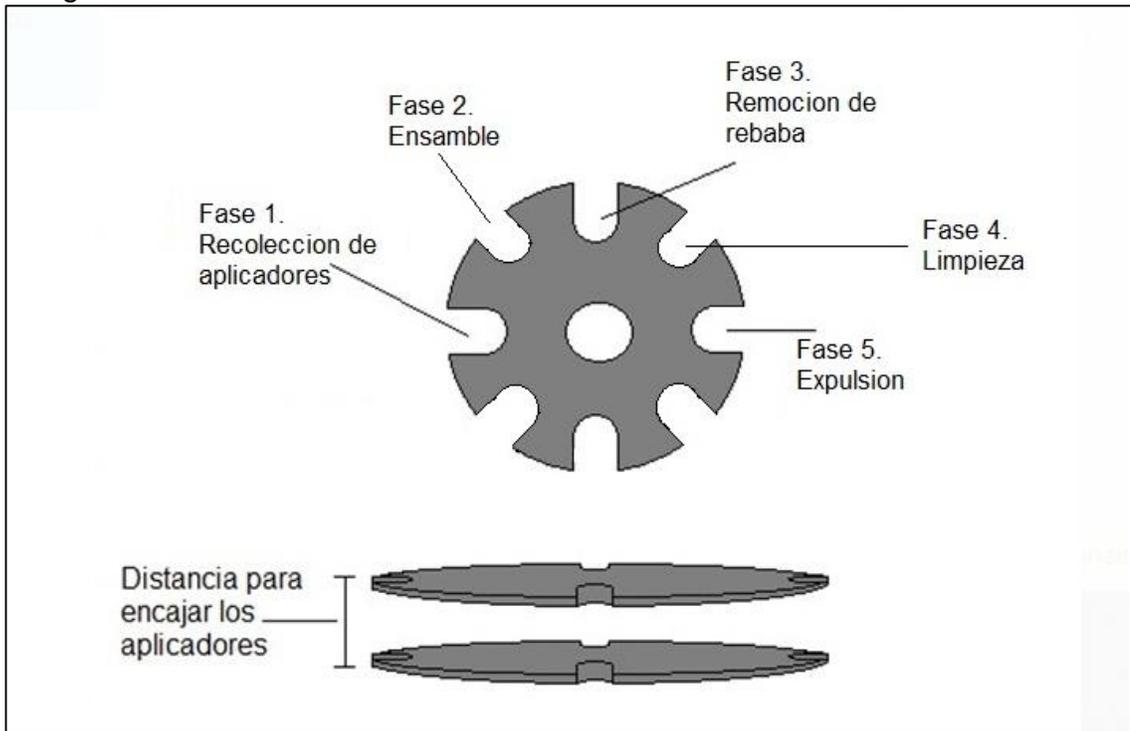
Imagen 23. Proceso de alimentación



Fuente: Elaboración propia.

Los aplicadores van llegando a la máquina gracias a un resorte (Imagen 23), el cual mantendrá la presión suficiente, para lograr que el aplicador encaje perfectamente en la rueda de procesos, que consiste en dos platillos, ubicados paralelamente entre sí con 8 cavidades como lo muestra la Imagen 24, donde el platillo situado en la parte superior tiene una ranura más grande que la del platillo situado exactamente debajo de este, con el fin de lograr asegurar el aplicador de forma que no tenga la posibilidad de soltarse, se tendrá durante todo el proceso, una guía que acompaña el recorrido del aplicador hasta la máquina de empaque.

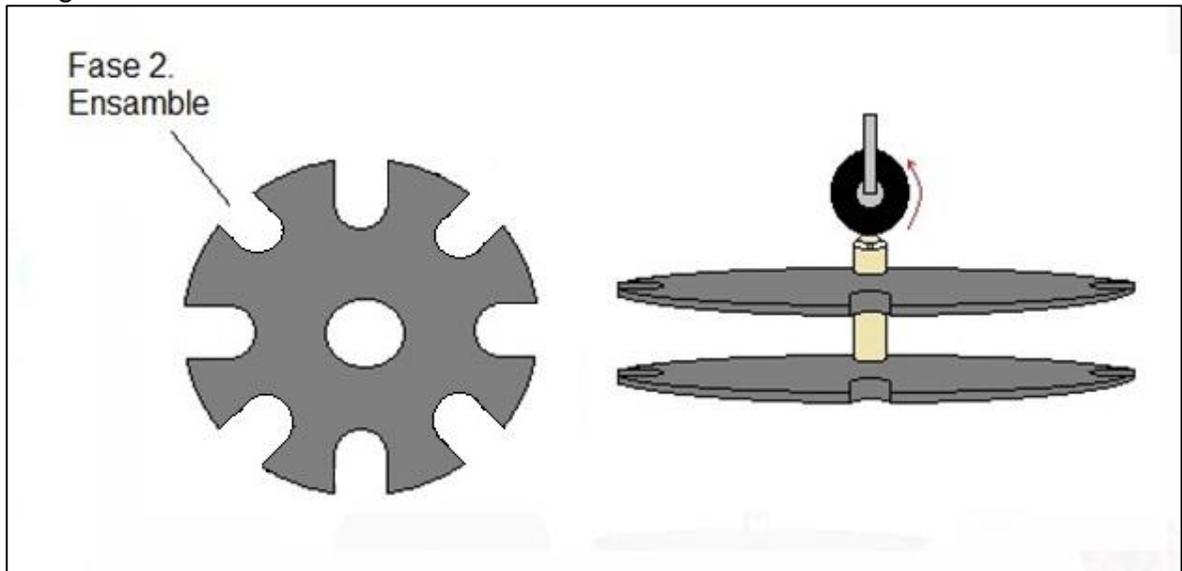
Imagen 24. Discos con las ranuras



Fuente: Elaboración propia.

La primera ranura es la encargada de recoger el aplicador y llevarlo a la siguiente fase, ésta realiza el proceso de ensamble mediante un rodillo de caucho, que genera la presión necesaria, para lograr desplazar el émbolo y de esta manera quede un perfecto ensamble, el rodillo funciona gracias a la fricción que genera el movimiento que viene de la cruz de malta y la superficie del rodillo, generando la presión para el ensamble como se observa en la Imagen 25.

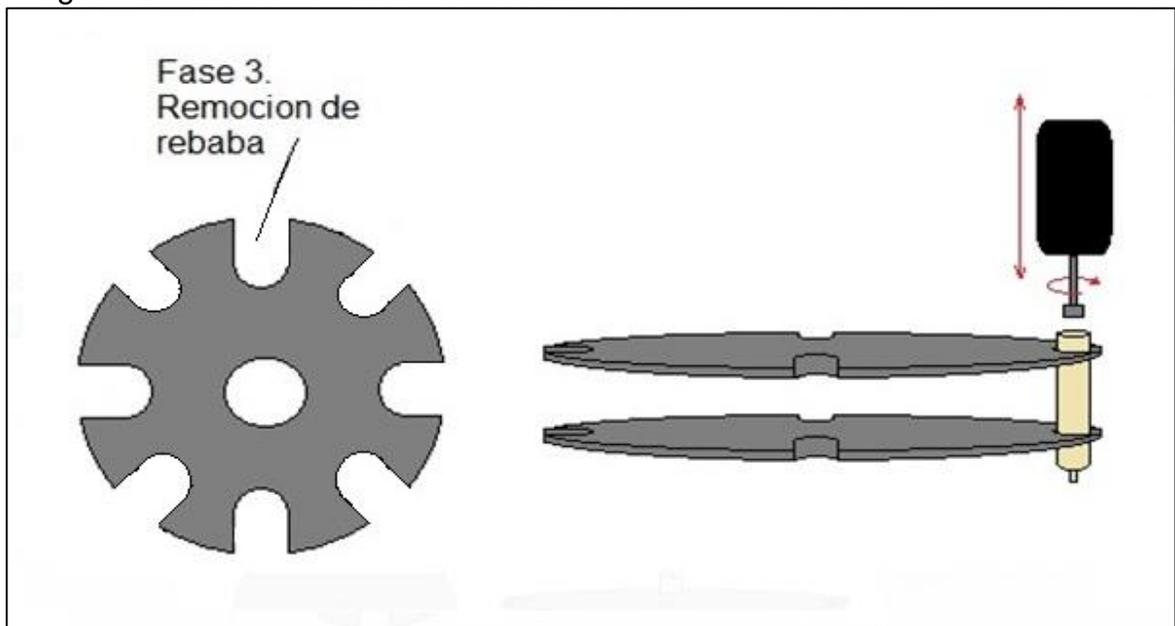
Imagen 25. Fase de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

A continuación el aplicador es llevado a la siguiente fase, en la cual se realiza la remoción de la rebaba a partir de la fricción generada, mediante un actuador giratorio y la lija seleccionada para dicho proceso, como se observa en la Imagen 26.

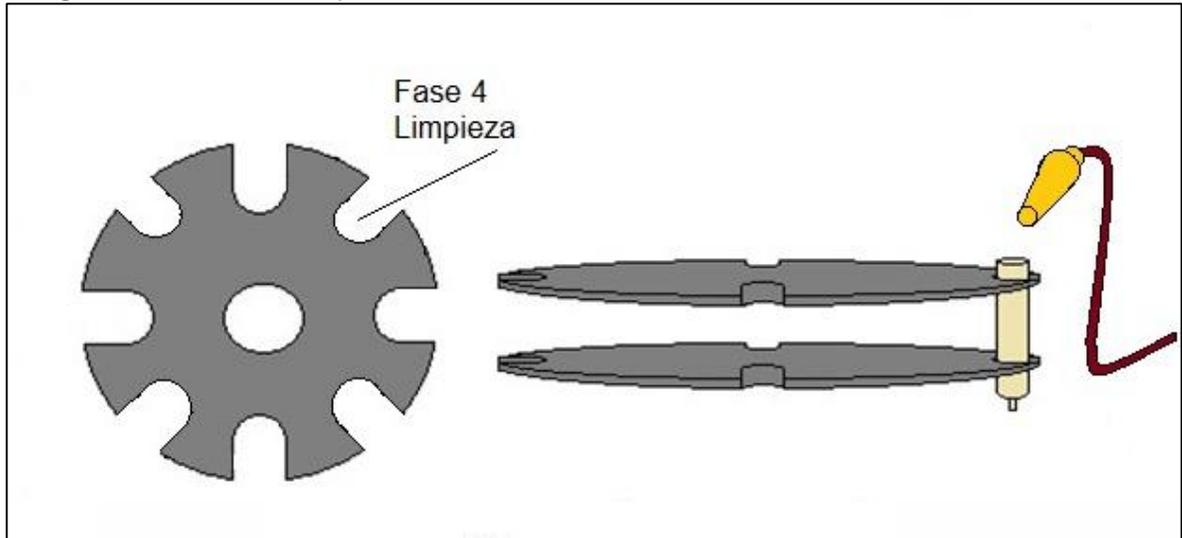
Imagen 26. Fase de remoción de rebaba



Fuente: Elaboración propia.

Quedando de esta manera el producto listo para su limpieza, por medio de una válvula sopladora de aire, la cual quita algún residuo que pueda quedar del anterior proceso, la válvula va directamente a la boca del aplicador como se muestra en la Imagen 27.

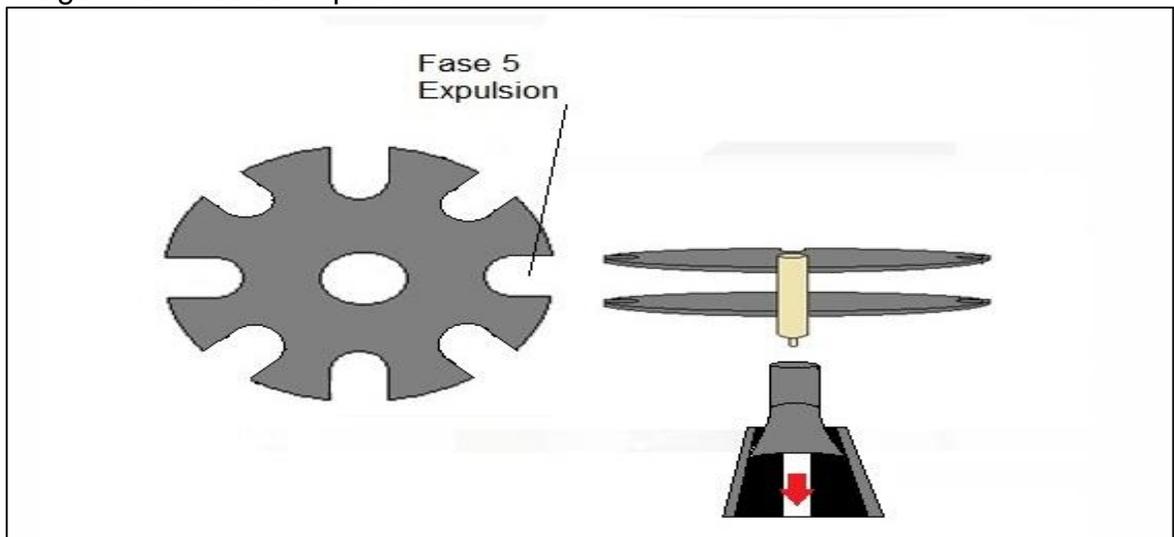
Imagen 27. Fase de limpieza



Fuente: Elaboración propia.

Por último van cayendo organizadamente para su posterior empaque, el cual se realiza en la siguiente etapa de la máquina, acá el aplicador cae de la cruz de malta, por medio de la guía a una banda transportadora como se observa en la Imagen 28, conectada a la empaquetadora.

Imagen 28. Fase de Expulsión



Fuente: Elaboración propia.

Para el sistema de empaque por solicitud de la empresa se seleccionara una máquina que además de utilizada en el empaque de los aplicadores vaginales debe ser compatible para el empaque de los diferentes productos que fabrica la empresa Dakota Plásticos Ltda.

En la actualidad existen diversas máquinas capaces de empacar diferentes tipos de productos; La empaquetadora que se muestra en la Imagen 29 y 30, conocida como Flow-Pack, es una de ellas. Esta máquina se encuentra al final del proceso dándolo por terminado.

Los aplicadores son organizados por un empleado y revisados para sí cumplir con los parámetros de calidad, luego de caer uno tras otro en un depósito, situado al final de la máquina.

Imagen 29. Flow pack



Fuente: PIDCO de Colombia. Flow Pack empaque de aplicadores plásticos. [Videograbación]. Bogotá, 26 de noviembre 2013. Video web, (0:38 min). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=T23pqYnhXc4>. Citado 03 de mayo 2018.

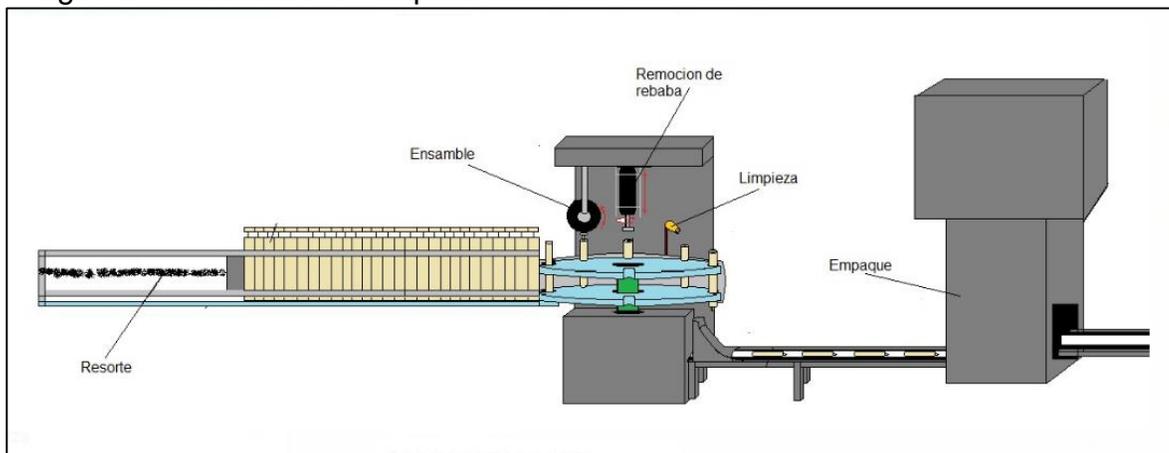
Imagen 30. Tablero de control de flow pack



Fuente: PIDCO de Colombia. Flow Pack empaque de aplicadores plásticos. [Videograbación]. Bogotá, 26 de noviembre 2013. Video web, (0:38 min). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=T23pqYnhXc4>. Citado 03 de mayo 2018.

A continuación, se muestra en la Imagen 31, el diseño conceptual de la máquina, con sus procesos.

Imagen 31. Diseño de la máquina



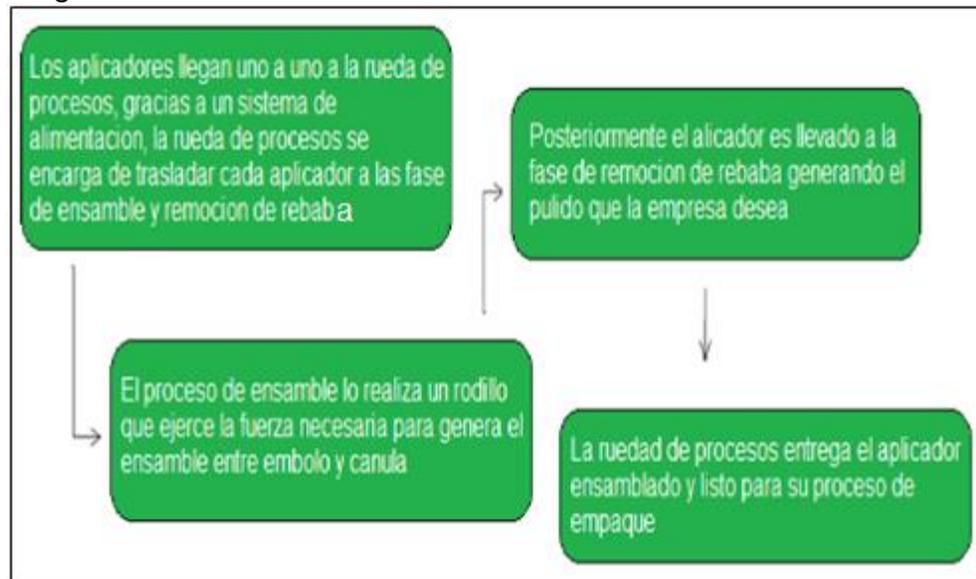
Fuente: Elaboración propia.

6. DISEÑO DETALLADO

El diseño detallado se desarrolla, teniendo en cuenta la evaluación de las alternativas para el sistema de acabado, basado en la definición de la máquina y parametrización.

En el diagrama 1, se muestra el funcionamiento y operación del proceso que desarrollara la máquina.

Diagrama 1. Proceso de diseño



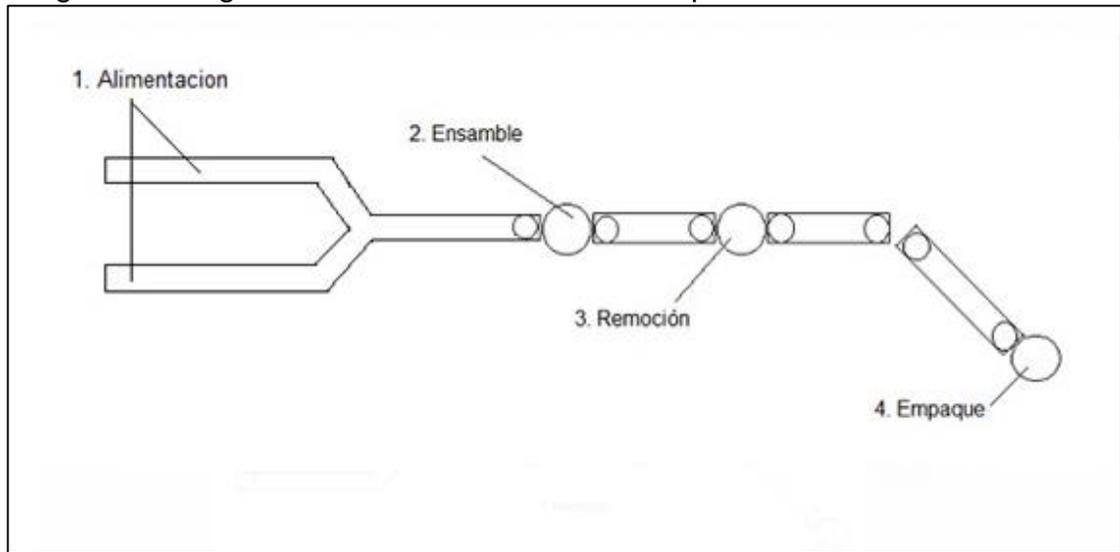
Fuente: Elaboración propia.

6.1 SISTEMAS DE LA MÁQUINA

Dado lo anterior, se puede apreciar que el sistema de la máquina, se compone de varios Sub-Sistemas, los cuales van en el siguiente orden y se muestran en la Imagen 32:

- Sub-Sistema de alimentación.
- Sub-Sistema de ensamble
- Sub-Sistema de remoción de rebaba.
- Sub-Sistema de empaque.

Imagen 32. Diagrama de sub-sistemas de la máquina



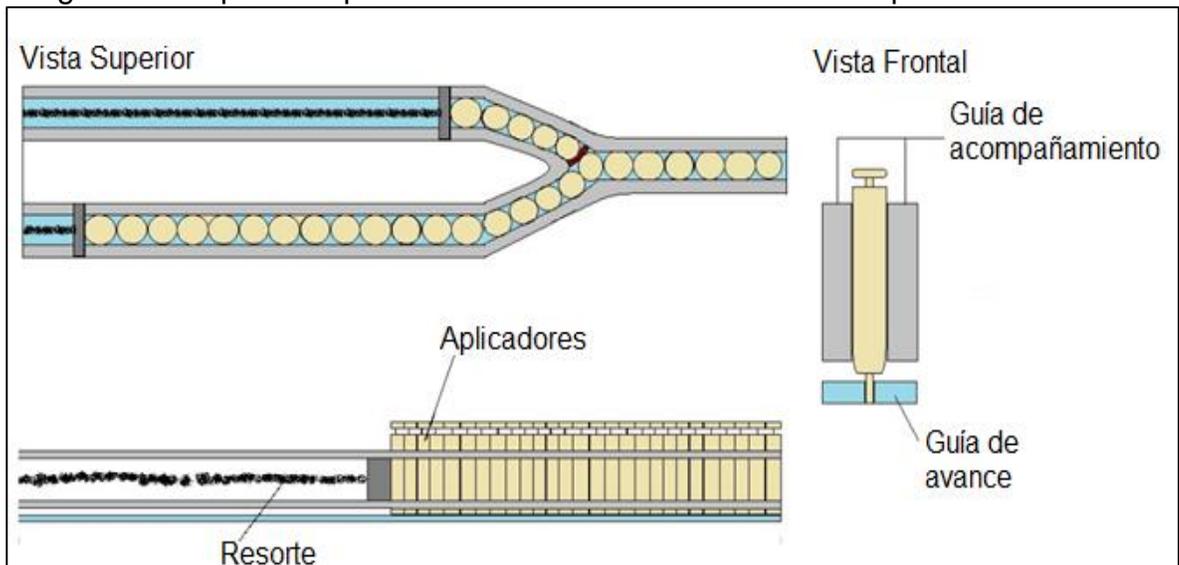
Fuente: Elaboración propia.

6.2 SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

En la imagen 33, se representa el diseño de alimentación y los componentes que intervienen en este proceso.

Costo más alto

Imagen 33. Esquema representativo de alimentación de la máquina.



Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del sistema de alimentación se debe tener en cuenta uno de los requerimientos del cliente, que es el de aumentar la producción entre un 30%-50%.

Dado que la producción actual es de 150.000 unidades en un mes de trabajo, se decide aumentar el rango de operación en un 50%, para cumplir con el requerimiento.

$$\frac{\frac{150.000 \text{ und}}{\text{mes}} * 50}{100} = 75.000 \frac{\text{und}}{\text{mes}}$$

$$150.000 + 75.000 = 225.000 \text{ und/mes}$$

Para saber la cantidad de aplicadores por segundo que se deben producir, se realiza el siguiente análisis:

$$\frac{225.000 \frac{\text{und}}{\text{mes}}}{24 \text{ dia/mes}} = 9375 \text{ und/dia}$$

$$\frac{9375 \text{ und/dia}}{8 \text{ hora/dia}} = 1171 \text{ und/hora}$$

$$1171 \text{ und/h} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 19,5 \text{ und/min}$$

$$19,5 \text{ und/min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,32 \text{ und/s}$$

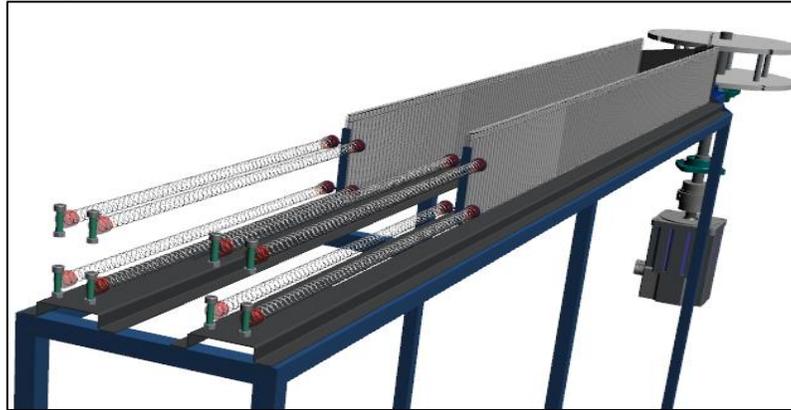
Con la información establecida anteriormente, se puede determinar cuál es el tiempo que debe tomar hacer cada aplicador.

$$0,32 \frac{\text{und}}{\text{s}} * 4 \text{ s} = 1,28 \text{ und}$$

Teniendo en cuenta que el tiempo que se dispone es de 4 segundos para hacer cada aplicador, se ve innecesario que el operador este en constante alimentación de la máquina. Se opta por tener un sistema de alimentación, donde el operario puede abastecer solo una línea de alimentación o dos si lo ve necesario, de esta manera se reduce el tiempo de ineficiencia del operario y a su vez se evita crear una labor rutinaria y desgastante, disminuyendo así la fatiga física que se presenta en un trabajo repetitivo.

Para el sistema de alimentación, el diseñador se basa en un sistema de resortes como se muestra en la Imagen 34, los cuales a medida que se comprimen permite el ingreso de los aplicadores al sistema de ensamble y remoción de rebaba.

Imagen 34. Sistema de alimentación

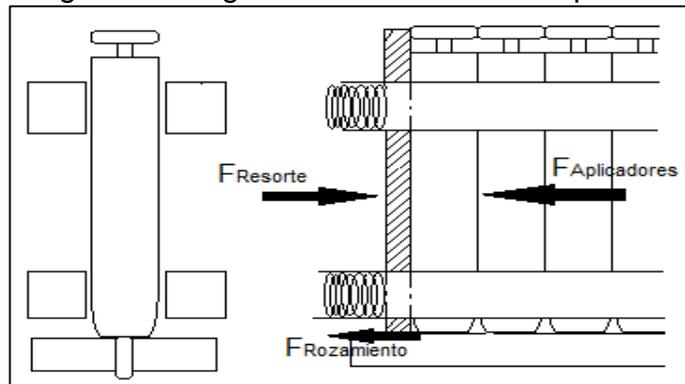


Fuente: Elaboración propia.

6.2.1 Diseño del resorte. La fuerza necesaria que se debe ejercer sobre los aplicadores es determinante para la selección del resorte, para que de esta manera se venza la fuerza de rozamiento y así lograr mover los aplicadores.

Se desea saber las fuerzas que actúan sobre el aplicador. Para esto se realiza un boceto, como se puede observar en la Imagen 35.

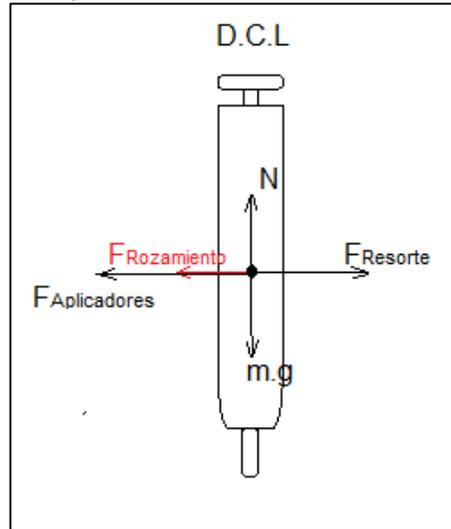
Imagen 35. Diagrama de fuerzas en el aplicador



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las fuerzas que actúan sobre el aplicador se hace un diagrama de cuerpo libre, para determinar la magnitud de las fuerzas como se observa en la imagen 36.

Imagen 36. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Elaboración propia.

Se toma en cuenta las propiedades mecánicas del polietileno como lo son la gran resistencia al choque y a la flexión, escaso desgaste y buenas propiedades de deslizamiento⁴.

Las propiedades de deslizamiento de este material, las cuales son propiedades autolubricantes, especialmente en la fricción seca deslizante con metales, tales como: acero, latón, cobre.

Valor del coeficiente de fricción: $\mu=0.25$.

Sumatoria de fuerzas en X:

$$\sum F_x = 0$$

$$0 = F_{Re} - F_{Ro} - F_{\#Aplicadores}$$

Donde:

F_{Re} = Fuerza de resorte.

F_{Ro} = Fuerza de rozamiento.

⁴Cerind. Inoxidable punto com. Plásticos distintas propiedades. [citado el 6 de marzo 2018]. Disponible en: <http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>

F#Aplicadores= Fuerza total de los aplicadores.

Para determinar la fuerza del resorte es necesario obtener la fuerza de rozamiento que esta dada de la siguiente manera.

$$F_{Ro} = \mu * N$$

Donde:

μ = Coeficiente de fricción

N= Fuerza normal.

$$F_{Ro} = 0,25 * 5,5 \text{ gf}$$

$$F_{Ro} = 1,37 \text{ gf}$$

Teniendo en cuenta la fuerza de rozamiento que ejerce un solo aplicador, se determina la fuerza total que llegan a ejercer 179 aplicadores en la zona de alimentación de cada guía.

Tomando como medida inicial 2,3 metros para la guia de alimentacion, donde aproximadamente se ubicarán aproximadamente entre 170 y 179 aplicadores.

Para el calculo se toma 179 aplicadores como numero total de aplicadores, con el fin de despejar insertidumbre si llega ser un número menor de aplicadores.

$$F_{\#Aplicadores} = 1,37 \text{ gf} * 179$$

$$F_{\#Aplicadores} = 246,12 \text{ gf}$$

Remplazando los valores obtenidos de la fuerza de rozamiento y la fuerza total del numero de aplicadores, se determina la fuerza del resorte para mantener un equilibrio entre ambas partes.

$$0 = F_{Re} - F_{Ro} - F_{\#Aplicadores}$$

$$F_{Re} = 1,37 \text{ gf} + 246,12 \text{ gf}$$

$$F_{Re} = 247,5 \text{ gf}$$

De lo anterior se observa que la sumatoria total de las fuerzas es igual a cero, por lo que se entiende que el resorte y los aplicadores se encuentra en reposo, por este motivo se ve necesario aumetar la fuerza del resorte, entre 2 % a 15 %, de esta manera evitando un sobredimensionamiento del resorte; dicho esto se

aumenta un 10% a la fuerza del resorte, para que logre sacar a los dos cuerpos del reposo y logre un movimiento constante y lograr mover el número total de aplicadores que se desean sobre la guía.

$$F_{Re} = (247,5 \text{ gf} * 10 \%) + 247,5 \text{ gf}$$

$$F_{Re} = 272,25 \text{ gf}$$

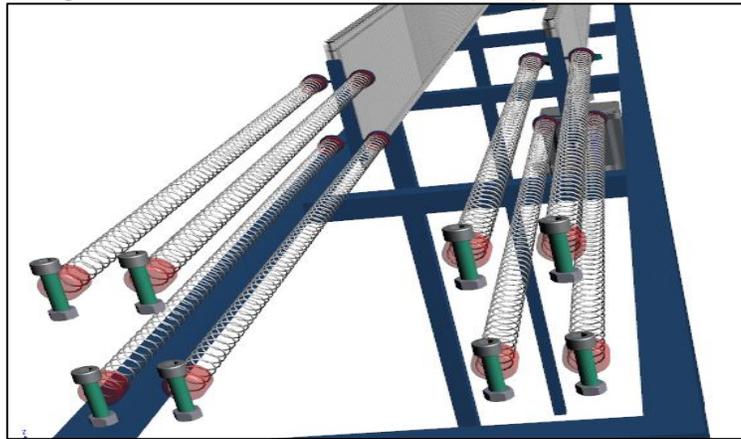
$$272,25 \text{ gf} * \frac{0,0098 \text{ N}}{1 \text{ gf}} = 2,66 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta el diseño conceptual de la guía, se opta por dividir la fuerza del resorte en cuatro. De esta manera, se determina la fuerza que debe ejercer cada resorte sobre los aplicadores, tal y como se puede observar en la Imagen 37.

Sumatoria de fuerzas en X:

$$\frac{2,66 \text{ N}}{4} = 0,66 \text{ N}$$

Imagen 37. Sistema de alimentación por resorte



Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la fuerza que debe ejercer cada uno de los cuatro resortes, se calcula la constante a la que debe trabajar el resorte, se determina mediante la Ley de Hooke para posteriormente seleccionar el tipo de resorte indicado para este trabajo.

$$k = \frac{F_{Re}}{\Delta X}$$

Donde:

k= Constante de resorte

ΔX = Elongación

F_{Re} = Fuerza de resorte

Para el delta de distancia, tomamos la longitud libre y la longitud de trabajo que debe ejercer cada resorte sobre los aplicadores.

$$\Delta X = \text{Longitud libre} - \text{Longitud de trabajo}$$

$$\Delta X = 2,3 \text{ m} - 0,5 \text{ m}$$

$$\Delta X = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{0,66 \text{ N}}{1,8 \text{ m}} = 0,37 \text{ N/m}$$

$$\frac{0,37 \text{ N}}{\text{m}} * \frac{39,37 \text{ lbf}}{1 \text{ N}} * \frac{0,225 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 3,27 \text{ lbf/in}$$

$$k = 3,27 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

Teniendo en cuenta la constante, se opta por seleccionar el tipo de resorte que se desea utilizar para el proceso.

Selección del Resorte: Para la selección del resorte, se hace un estudio de los diferentes catálogos de empresas encargadas de la elaboración de todo tipo de resortes, en este caso la constante del resorte y el diámetro exterior del mismo. Se buscan los catálogos de resortes de compresión y posteriormente se compara con un resorte que comparta en su mayoría estas características, como se observa en la Imagen 38.

Imagen 38. Catálogo para selección de resorte

RESORTES DE COMPRESIÓN: CARGA LIGERA/ LITE PRESSURE^{MR}
 EXTREMOS SIN RECTIFICAR • Acero Inoxidable 316 (Pasivado y Limpiado Ultrasonícamente)

NÚMERO DE PARTE	DIÁMETRO EXTERIOR		AGUJERO DE TRABAJO		DIÁMETRO DE POSTE		DIÁMETRO DE ALAMBRE		PRESIÓN @ 80% DEFLEXIÓN		CARGA A ALTURA SÓLIDA		LONGITUD SIN CARGA		CONSTANTE		ALTURA SÓLIDA		GRUPC PRECIC Inoxidables 316
	PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM	PSI	kPa	LBS.	KG	PULG.	MM	LBS/PULG.	KG/MM	PULG.	MM	
LP 029M 01													0.750	19.05	1.552	0.028	0.153	3.88	S
LP 029M 02													1.000	25.40	1.127	0.020	0.178	4.51	S
LP 029M 03	.660	16.76	.687	17.45	.563	14.29	.029	.74	2	14	.927	.420	1.250	31.75	0.885	0.016	0.202	5.14	S
LP 029M 04													1.500	38.10	0.728	0.013	0.227	5.77	S
LP 029M 05													1.750	44.45	0.619	0.011	0.252	6.40	S
LP 029M 06													2.000	50.80	0.538	0.010	0.277	7.03	U
LP 032M 01													0.750	19.05	2.384	0.043	0.167	4.24	S
LP 032M 02													1.000	25.40	1.725	0.031	0.194	4.93	S
LP 032M 03	.660	16.76	.687	17.45	.563	14.29	.032	.81	3	21	1.390	.630	1.250	31.75	1.351	0.024	0.221	5.62	S
LP 032M 04													1.500	38.10	1.111	0.020	0.248	6.31	S
LP 032M 05													1.750	44.45	0.943	0.017	0.276	7.00	S
LP 032M 06													2.000	50.80	0.819	0.015	0.303	7.69	U
LP 035M 01													0.750	19.05	3.290	0.059	0.187	4.74	S
LP 035M 02													1.000	25.40	2.371	0.042	0.218	5.55	S
LP 035M 03	.660	16.76	.687	17.45	.563	14.29	.035	.89	4	28	1.853	.841	1.250	31.75	1.854	0.033	0.250	6.35	S
LP 035M 04													1.500	38.10	1.521	0.027	0.282	7.16	S
LP 035M 05													1.750	44.45	1.290	0.023	0.313	7.96	S
LP 035M 06													2.000	50.80	1.120	0.020	0.345	8.77	U

Fuente: Resortes de catálogo & hechos a la medida. [en línea]. Lee spring, Serie 23 [20 Abril 2018]. Disponible en: <http://www.leepring.com/downloads/mx/2016/Catalogo%20Final%20Serie%2023.pdf>.

Teniendo claro las características requeridas, el resorte que más se acomoda a dicha necesidad, es un resorte en Acero Inoxidable, con un diámetro exterior de 16,76 mm, un diámetro de alambre de 0,89 mm y con una constante K de 3,29 lbf/in, y con una longitud libre o sin carga de 19,05 mm.

Dado que la longitud libre del resorte es demasiado corta; se opta por tomar los datos obtenidos por el catálogo y se contacta a la empresa que fabrica los resortes. Posterior a ello se cotiza un resorte con las características anteriormente mencionadas con una longitud libre de 2.300 mm, esta longitud no afectará la constante del resorte y de esta manera ejercerá la fuerza necesaria para mover los aplicadores.

Como se puede apreciar en el anexo C, la empresa que fabrica los resortes suministró la cotización para su fabricación, con las características de diseño deseadas en el resorte.

De esta manera, se determina trabajar con este tipo de resorte, dado que cumple con los requerimientos establecidos y con su posible fabricación como se puede observa en al imagen 39.

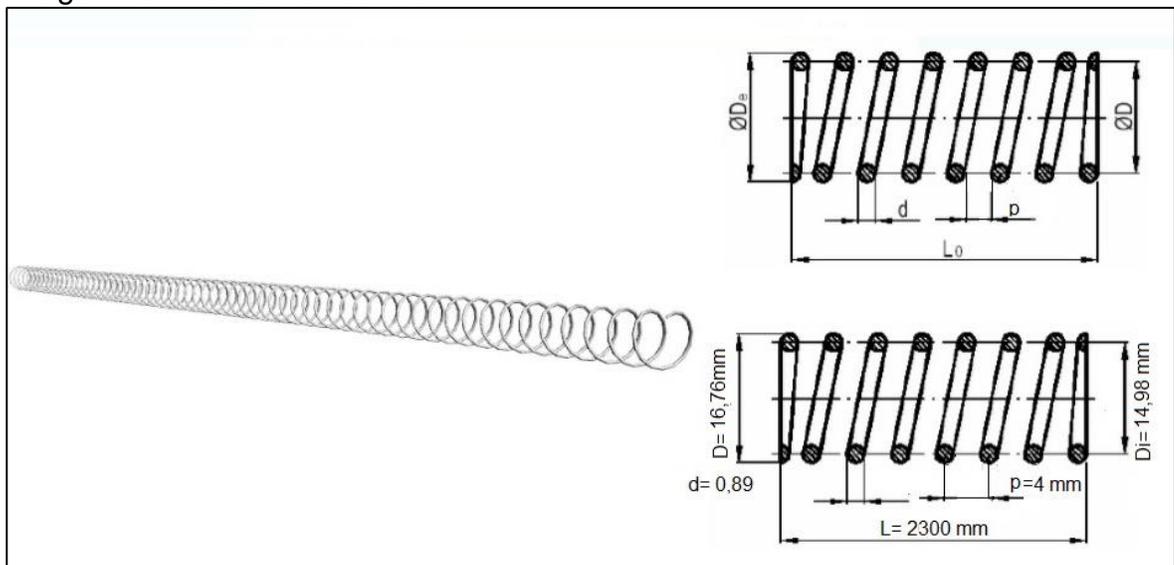
Imagen 39. Resorte hecho por la empresa fabricante



Fuente: Especialistas en fabricación de resortes helicoidales a compresión

Con la garantía de que el resorte puede ser fabricado, queda establecido de la siguiente manera (Imagen 40).

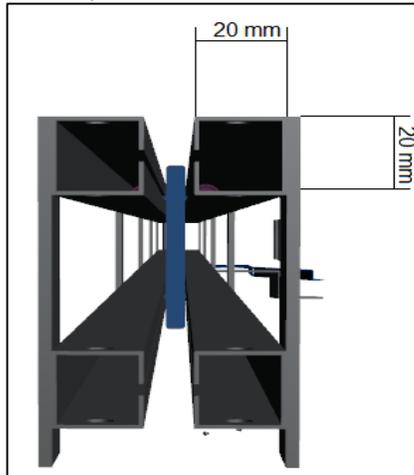
Imagen 40. Diseño del resorte



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Guía de acompañamiento. La Imagen 41, muestra la guía por donde se introducen los resortes, para así evitar la deflexión de los mismos. Esta guía es de acero inoxidable 304, perfil cuadrado 20 mm x 20 mm⁵.

Imagen 41. Guías de acompañamiento



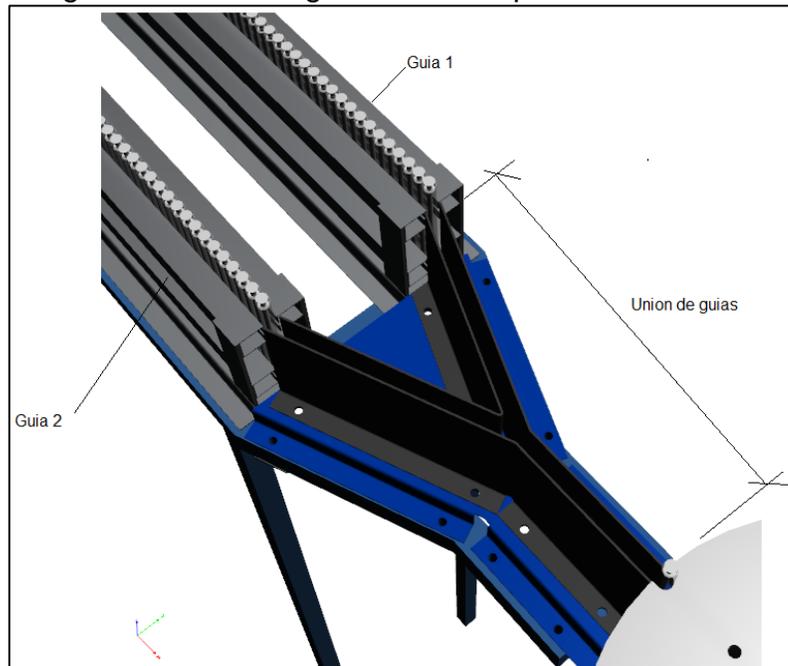
Fuente: Elaboración propia.

Esta cumple dos funciones. La primera es llevar por dentro del perfil cuadrado los resortes, evitando que este se flecte por su longitud. La segunda es la de enfilear los aplicadores hacia la rueda de procesos.

En esta guía deben ir contenidos los 150 aplicadores que se desean desplazar mediante los resortes. Dicho esto, el diseñador establece que 150 aplicadores de los 179 trabajarán de forma lineal en la guía, y los 29 restantes entraran en la unión de las dos guías como se muestra en la Imagen 42. Esto con el fin de no someter el resorte a cambios de orientación.

⁵Consortio Metalúrgico Nacional SAS. Ficha técnica tubería. [citado 5 de abril 2018]. Disponible en: http://ferrasa.com.co/wp-content/themes/plantilla_ferrasa/archivos/folletos/Ficha_tecnica_tuberia_REV2.pdf
http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf

Imagen 42.Unión de guías de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

Dado que la cantidad de aplicadores que se desean apilar es de 150 en cada línea de alimentación, y que cada uno de estos ocupa un espacio de 1,2 cm, la longitud que llegan a ocupar es de:

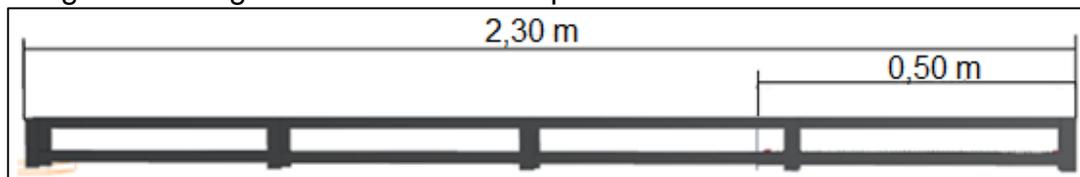
$$150 \text{ und} * 0,012 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

Este dato se toma como base para la medida total de la guía de acompañamiento.

El diseño de la guía de acompañamiento por la cual transitarán los aplicadores debe tener como mínimo los 1.8 m que ocupan los aplicadores y una longitud extra para el resorte cuando se encuentre en total estado de compresión.

Dicho lo anterior la guía se diseña con una longitud de 2,3 m con el fin de dejar un espacio de 50 cm para el resorte, sin que afecte el espacio disponible para los 150 aplicadores como se puede observa en la imagen 43.

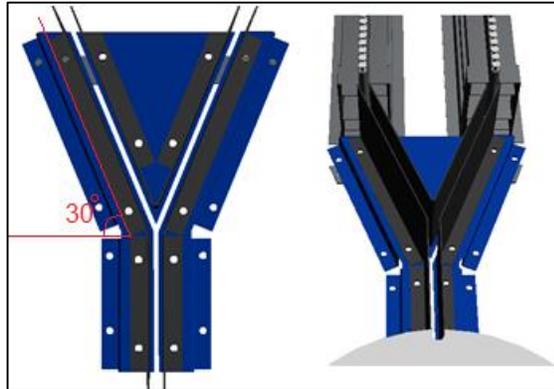
Imagen 43. Longitud de Guía de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

La unión de las guías sirve como unión de las dos líneas de alimentación, en este punto permite la selección de cada aplicador de manera que ingresen de uno en uno, sin obstaculizarse gracias a su forma cilíndrica y al coeficiente de fricción tan pequeño que existe entre los aplicadores. Dado esto los aplicadores se comportan como un fluido dentro de un ducto, de esta manera entre menor sea el cambio de sección como se muestra en la Imagen 44, menor serán la fuerza que se necesita para el ingreso de cada aplicador.

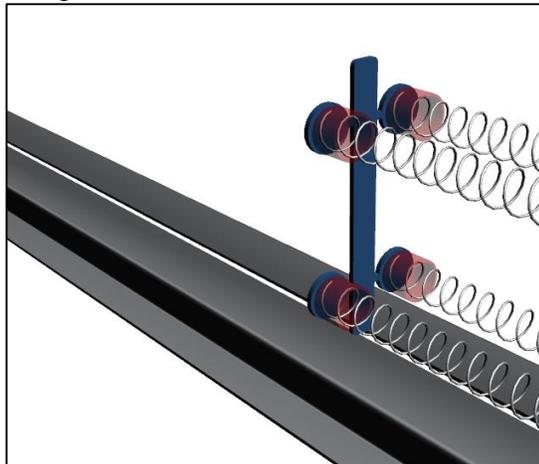
Imagen 44. Diseño de unión de guías



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Guía de avance. Esta guía es la que permite que los aplicadores hagan contacto sobre ella produciendo un apoyo, con la fuerza que ejerce el resorte sobre el empujador (imagen 45) se logran deslizar por la guía de avance y así ser llevados a la rueda de procesos.

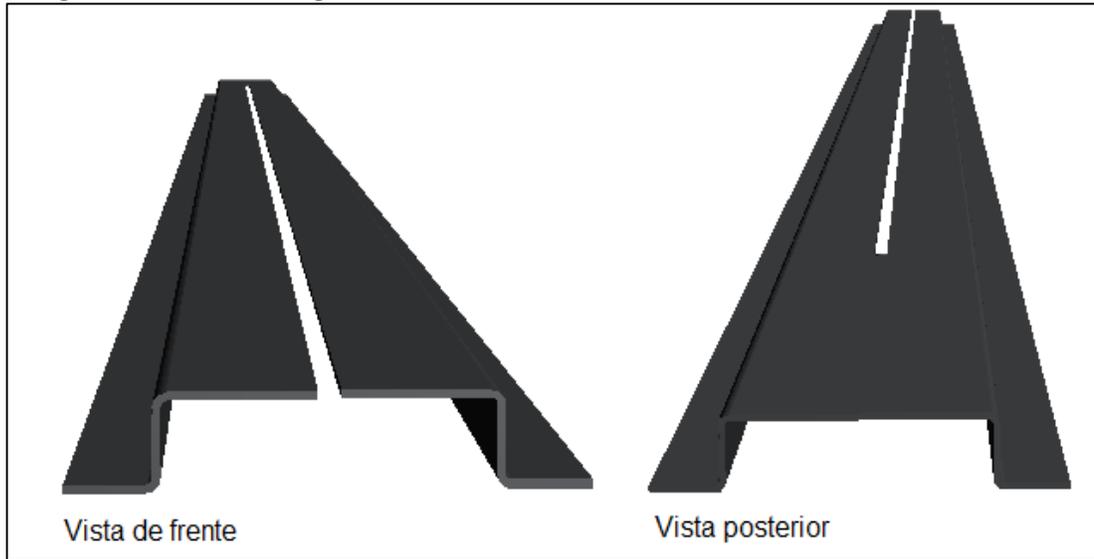
Imagen 45. Guía de avance



Fuente: Elaboración propia.

Por estar en contacto directo con los aplicadores esta hecho de acero inoxidable formada en frío apartir de lámina rolada en caliente, de allí su forma (imagen 46).

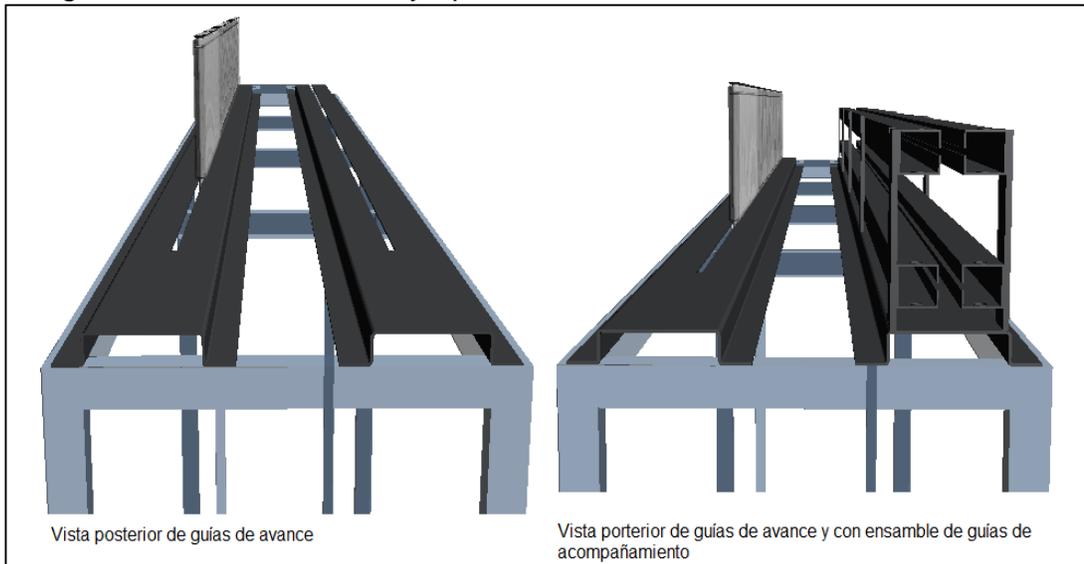
Imagen 46. Vistas de guía de avance



Fuente: Elaboración propia.

Se encuentra ubicada en la parte superior de la estructura base y debajo de la guía de acompañamiento (imagen 47), su ranura en la mitad permite el desplazamiento de los aplicadores sin ninguna oposición y acompaña hasta el final del sistema de alimentación al aplicador ,donde deja que luego encaje en la rueda de procesos.

Imagen 47. Vistas de Guías y aplicadores

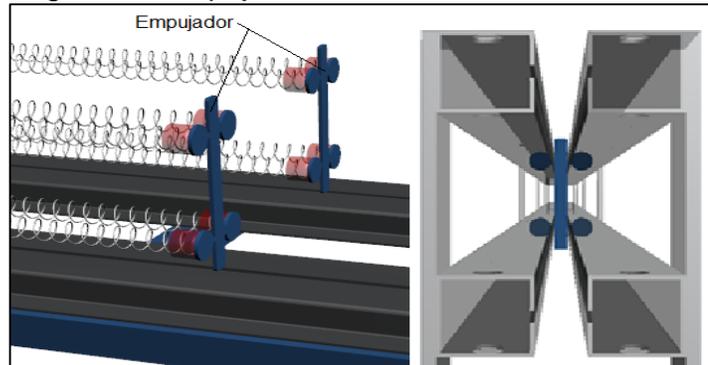


Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Empujador. Es una placa de acero inoxidable, dado que está en constante contacto con los aplicadores.

Diseñada para transmitir el trabajo del resorte hacia los aplicadores, de esta forma permitiendo que llegue uno a uno a la rueda de procesos, el empujador va por dentro de la guía como se puede observar en la imagen 48.

Imagen 48. Empujador montado sobre estructura



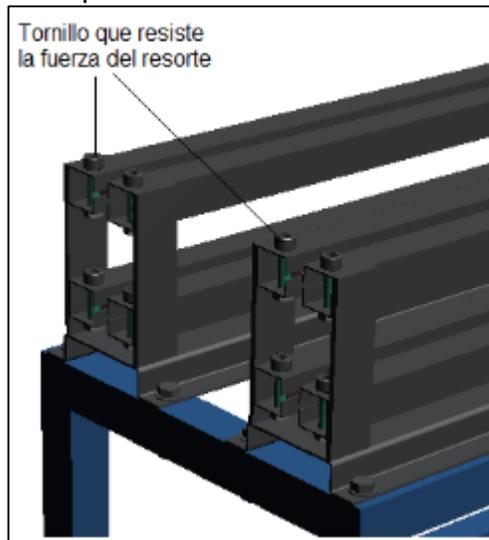
Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Diseño del pasador de las guías de acompañamiento. Teniendo en cuenta que el pasador resiste la fuerza que ejerce el resorte, es indispensable determinar el diámetro mínimo que debe tener para resistir la fuerza.

Se calcula el diámetro del pasador situado en la guía de acompañamiento como se muestra en la Imagen 49.

Se calcula por esfuerzo cortante.

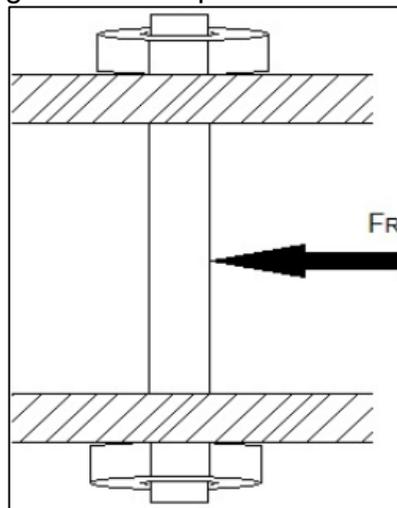
Imagen 49. Pasador en guía de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 50, se puede observar la fuerza que actúa sobre este elemento, en este caso la que es ejercida por el resorte en el momento de la compresión del elemento.

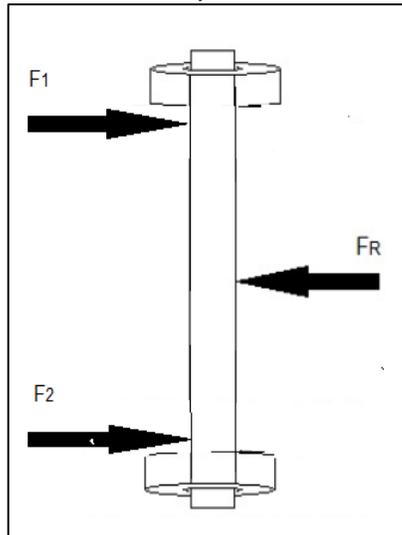
Imagen 50. Pasador en guía de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza un diagrama de cuerpo libre, para encontrar el valor de las reacciones que se presentan en el pasador, como se muestra en la Imagen 51.

Imagen 51. Diagrama de fuerzas en el pasador



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar una sumatoria de fuerzas, obteniendo de esta manera la fuerza necesaria para equilibrar el sistema.

$$\sum F_x = 0$$

$$F_R - 2F = 0$$

$$F_R = 2F$$

$$F = \frac{F_R}{2}$$

Dónde:

F_R = Fuerza ejercida por el resorte para alimentar rueda de procesos.

F = Fuerza necesaria para equilibrar sistema ($F_1 = F_2 = F$).

Una vez establecida la ecuación de la fuerza que es necesaria para equilibrar el sistema, se toma la ecuación de esfuerzo cortante permisible, donde se reemplaza la ecuación obtenida anteriormente.

$$\tau_{\text{per}} = \frac{F}{A}$$

Dónde:

A = Área de la sección transversal
 τ_{per} = Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{per} = \frac{F_R}{A}$$

$$\tau_{per} = \frac{F_R}{2A}$$

Teniendo en cuenta que no se cuenta con un diámetro establecido del pasador es imposible establecer de esta manera el esfuerzo cortante permisible, dicho esto es necesario utilizar otra ecuación que permita conocer el valor de dicho esfuerzo.

$$\tau_{Per} = \frac{\sigma_y}{F. S.}$$

Dónde:

σ_y = Esfuerzo de fluencia

F. S. = Factor de seguridad

El esfuerzo de fluencia se obtiene multiplicando 0,57 por el esfuerzo permisible del material, según la teoría de falla de Vom Mises.

$$\sigma_y = 0,57 \sigma_{perm}$$

$$0,57 * 3,1 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Para este caso el diseñador establece un factor de seguridad de 2, dado que es lo recomendable para tornillos, pasadores y pernos.

$$\tau_{Per} = \frac{0,57 * 3,1 \times 10^8 \text{ Pa}}{2}$$

$$\tau_{Per} = 88,35 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau_{Per} = 8835 \text{ MPa}$$

Ya con los valores obtenidos del esfuerzo cortante permisible y conociendo la fuerza ejercida por el resorte se remplazan en la ecuación.

$$\tau_{Per} = \frac{F_R}{2A}$$

$$8835 \text{ MPa} = \frac{2,66 \text{ N}}{2A}$$

$$\pi r^2 = \frac{2,66 \text{ N}}{2(8835 \text{ MPa})}$$

$$r^2 = \frac{2,66 \text{ N}}{2(8835 \text{ MPa})\pi}$$

$$r^2 = 4,79 \times 10^{-11} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{4,79 \times 10^{-11} \text{ m}^2}$$

$$r = 6,92 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Se obtiene que el radio mínimo que debe tener el pasador es demasiado pequeño, teniendo en cuenta la fuerza a la que está sometido y la resistencia del material. Se decide que el valor mínimo de $6,92 \times 10^{-3} \text{ m}$ no es viable, se ofrece un pasador M4 ya que es de fácil acceso en el mercado y es económico.

6.3 SUBSISTEMA DE ENSAMBLE

Después que el aplicador pasa por el subsistema de alimentación, llega a la rueda de procesos donde se realiza los procesos de ensamble, remoción de rebaba y limpieza, para el posterior empaque.

6.3.1 Rueda de procesos. Es el elemento de la máquina que permite en poco espacio, hacer varios procesos esenciales para el cumplimiento del objetivo principal. Su función va desde el ensamble por medio del rodillo, remoción de rebaba, una limpieza del aplicador y por último, alimenta la empaquetadora.

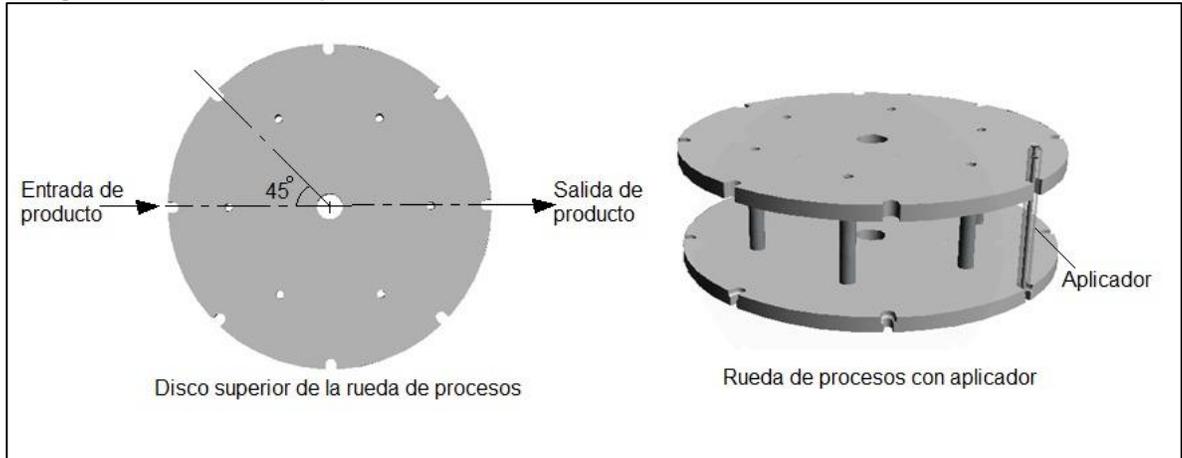
La rueda de procesos consiste en dos discos con un diámetro de 300 mm, escogidos por diseño, teniendo en cuenta las dimensiones del aplicador; las ranuras van ubicadas cada 45° buscando una distribución adecuada de las herramientas que realizan cada proceso, y una entrada y salida del producto lineal como se muestra en la Imagen 52; el espesor es de 19 mm cada disco, escogido por catálogo de espesores estándar de Ultrapol como se puede observar en el Anexo D. Están hechos de un material llamado Ultrapol; que cuenta con propiedades higiénicas óptimas para el proceso.

El Ultrapol es un termoplástico rígido, de alta densidad, especial en ingeniería para uso industrial, sus características esenciales son que no tiene olor, no absorbe olores o bacterias por su superficie de trabajo, se limpia con detergentes y jabones

comunes. Es aprobado por las oficinas de sanidad para uso de contacto directo con alimentos, cosméticos y drogas.

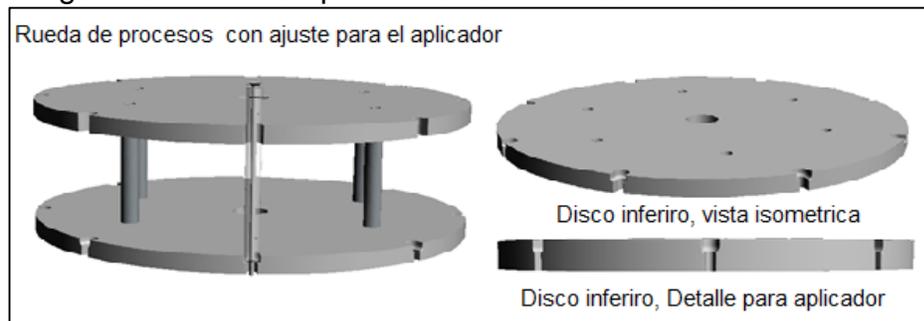
En la imagen 52 y 53 se puede apreciar la rueda de procesos con sus agujeros y el detalle de diseño para su correcto funcionamiento.

Imagen 52. Rueda de procesos



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 53. Rueda de procesos con detalles de diseño



Fuente: Elaboración propia.

El peso de la rueda de procesos se calcula con las propiedades del material y sus dimensiones.

$$\text{Densidad del Ultrapol} = 0,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Espesor lamina} = 1,9 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro discos} = 30 \text{ cm}$$

$$V = A e$$

Dónde:

V = Volumen disco
A= Área del disco
e = Espesor

$$V = (\pi r^2)e$$

$$V = (\pi(15 \text{ cm})^2) * 1,9 \text{ cm} = 1.350 \text{ cm}^3$$

Con el volumen de cada disco se procede a calcular la masa y el peso de cada uno de ellos.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

Dónde:

m= Masa del disco
 ρ = Densidad del ultrapol
V= Volumen del disco

$$m = 0,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 1.350 \text{ cm}^3$$

$$m = 1.296 \text{ gr} = 1,29 \text{ kg}$$

$$P = m * g$$

Dónde:

P= Peso del disco
g = aceleración de la gravedad.

$$P = 1,29 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 12,7 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que son dos discos, se multiplica el peso por cada uno.

$$\text{Dos discos} = 12,7 \text{ N} * 2 = 25,4 \text{ N}$$

Al peso de los dos discos se le suma la fuerza necesaria para realizar el ensamble.

$$\text{Fuerza ensamble (rodillo – aplicador)} = 3 \text{ kgf} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 29,42 \text{ N}$$

$$25,4 \text{ N} + 29,42 \text{ N} = 54,9 \text{ N}$$

El peso total de los dos discos, más la fuerza necesaria para el ensamble da un total de 54,9 N, luego se le suma el peso de los 5 aplicadores que ocupan durante el proceso y el peso de los 6 bujes (sujetadores de los discos).

$$(5 \text{ aplicadores} * 5,5 \text{ g}) + 26,5 \text{ g} = 53,99 \text{ g}$$

$$0,0539 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,53 \text{ N}$$

$$54,9 \text{ N} + 0,53 \text{ N} = 55,43 \text{ N}$$

Teniendo el peso del mecanismo de proceso, se le sumara el peso de un eje con diámetro tentativo de 12,7 mm y más el peso de los rodamientos, como se muestra en el imagen 57.

$$V_{\text{eje}} = \pi(0,635 \text{ cm})^2 * 44,7 \text{ cm} = 56,62 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{eje}} = 7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 56,62 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{eje}} = 441,67 \text{ gr} = 0,441 \text{ kg}$$

$$m_{\text{rodamientos}} = 0,013 \text{ kg}$$

$$P = m * g$$

$$P = 0,454 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P = 4,44 \text{ N}$$

$$55,43 \text{ N} + 4,44 \text{ N} = 59,87 \text{ N}$$

El peso total que tiene que mover el mecanismo es de 59,87 N.

6.3.2 Selección del servo motor. Para seleccionar el servo motor, es necesario calcular el torque requerido para mover el sistema por medio de un eje acoplado al servo motor.

Se tiene en cuenta que será requerido movilizar un peso total de 59,87 N y que el radio del disco es de 150 mm, se procede a calcular el torque del sistema.

$$T_{\text{req}} = P * r$$

Dónde:

T_{req} = Torque requerido por el sistema
P = Peso sistema a movilizar
r = Radio de giro del eje

$$T_{req} = 59,87 \text{ N (0,15 m)}$$

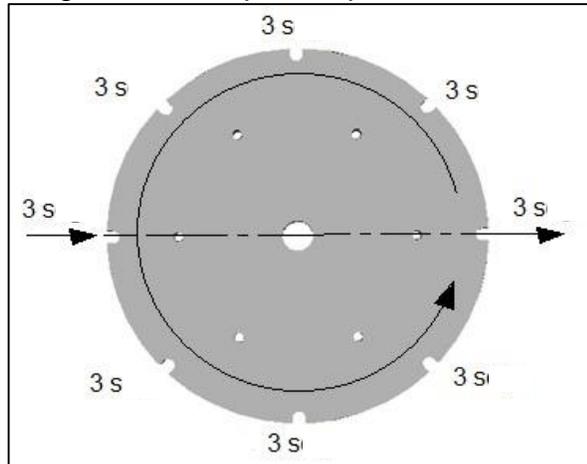
$$T_{req} = 8,98 \text{ Nm}$$

Para calcular la potencia requerida del motor, es necesario determinar la velocidad requerida por el mecanismo.

La velocidad del sistema depende de la cantidad de aplicadores a producir, seguido del tiempo de proceso de cada ranura.

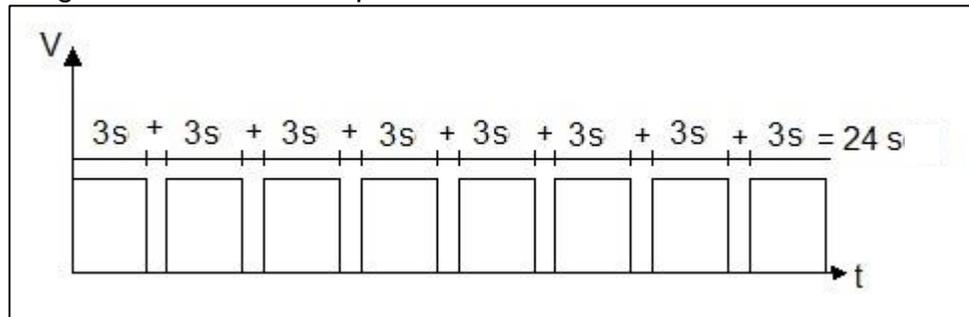
Según los cálculos anteriores los tiempos para cumplir la producción deseada, es de 4 segundos por aplicador. Estos tiempos para el diseñador son largos, dado que el proceso de cada ranura no dura más de 2 segundos como se comprobó anteriormente. Dicho esto se selecciona un tiempo de 3 segundos para realizar cada proceso como se observa en la Imagen 54, por lo tanto se tarda en completar 360° un tiempo de 24 segundos, como se muestra en la Imagen 55.

Imagen 54. Tiempos de proceso



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 55. Total de tiempos



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el tiempo que se demora en dar una vuelta, se determina la velocidad lineal del mecanismo.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Dónde:

v = Velocidad lineal.

r = radio de giro.

T = Periodo.

$$v = \frac{2\pi(0,15 \text{ m})}{(24 \text{ s})}$$

$$v = 0,039 \text{ m/s}$$

La velocidad lineal que se requiere es de 0,039 m/s, por lo tanto la velocidad angular del mecanismo, se determina con la siguiente ecuación.

$$v = \omega * r$$

Dónde:

ω = Velocidad angular.

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

$$\omega = \frac{0,039 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,15 \text{ m}}$$

$$\omega = 0,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocidad angular del mecanismo es de 0,26 rad/s. Con este dato es posible obtener las revoluciones por minuto.

$$0,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ vuelta}}{2\pi \text{rad}} = 2,48 \text{ rpm}$$

Con el dato obtenido, se determina la potencia requerida que el servo motor debe generar como mínimo para lograr para mover el mecanismo.

$$P_{\text{Req}} = T_{\text{req}} * \omega$$

Dónde:

P_{Req} = Potencia requerida.

$$P_{\text{Req}} = 8,98 \text{ Nm} * 0,26 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{\text{Req}} = 2,6 \text{ Watt} = 0,0035 \text{ HP}$$

Con los valores establecidos se procede a seleccionar el servo motor que mejor se adapte al tipo de trabajo que se necesita, en la imagen 56 se puede observar un catálogo de varios tipos de servo motor.

Imagen 56. Selección de servo motor

MCM synchronous servo motors

Technical data



Rated data, non-ventilated

► The data applies to a mains connection voltage of 3 x 400 V.

	n_N [r/min]	M_D [Nm]	M_N [Nm]	M_{max} [Nm]	P_N [kW]	I_D [A]	I_N [A]	I_{max} [A]	$U_{N,AC}$ [V]	f_N [Hz]
MCM06C30-	3000	0.70	0.60	1.80	0.19	1.00	0.90	2.50	183	200
MCM06E30-	3000	1.40	1.20	3.10	0.38	1.20	1.10	2.60	273	200
MCM09C30-	3000	1.50	1.30	3.50	0.40	1.10	1.10	2.60	300	200
MCM09E30-	3000	2.90	2.40	6.50	0.75	2.10	1.90	4.80	296	200
MCM12C30-	3000	2.90	2.40	6.50	0.75	2.10	1.80	4.80	283	250
MCM12F30-	3000	5.50	4.80	14.1	1.50	3.80	3.50	10.0	291	250
MCM12J30-	3000	9.60	8.00	26.4	2.50	6.80	5.80	19.0	274	250

	$\eta_{100\%}$ [%]	$J^{1)}$ [kgcm ²]	$KE_{LL 150^\circ C}$ [V/(1000 r/min)]	$R_{UV 20^\circ C}$ [Ω]	$R_{UV 150^\circ C}$ [Ω]	L_N [mH]	$K_{tD 150^\circ C}$ [Nm/A]	$n_{max}^{2)}$ [r/min]	$m^{1)}$ [kg]
MCM06C30-	68.1	0.19	45.0	27.6	41.6	25.0	0.70	6000	1.40
MCM06E30-	77.5	0.34	71.6	26.8	40.4	30.0	1.17	6000	1.80
MCM09C30-	79.0	0.61	82.5	20.0	30.1	31.0	1.36	6000	2.30
MCM09E30-	84.9	0.88	80.0	11.2	16.9	19.0	1.38	6000	2.80
MCM12C30-	91.3	1.54	78.8	6.68	10.1	18.0	1.38	5000	3.40
MCM12F30-	93.0	2.80	83.6	3.04	4.58	9.60	1.45	5000	4.80
MCM12J30-	94.3	4.49	81.4	1.55	2.34	5.30	1.41	5000	6.70

¹⁾ Without brake.
²⁾ Mechanically permissible maximum speed.

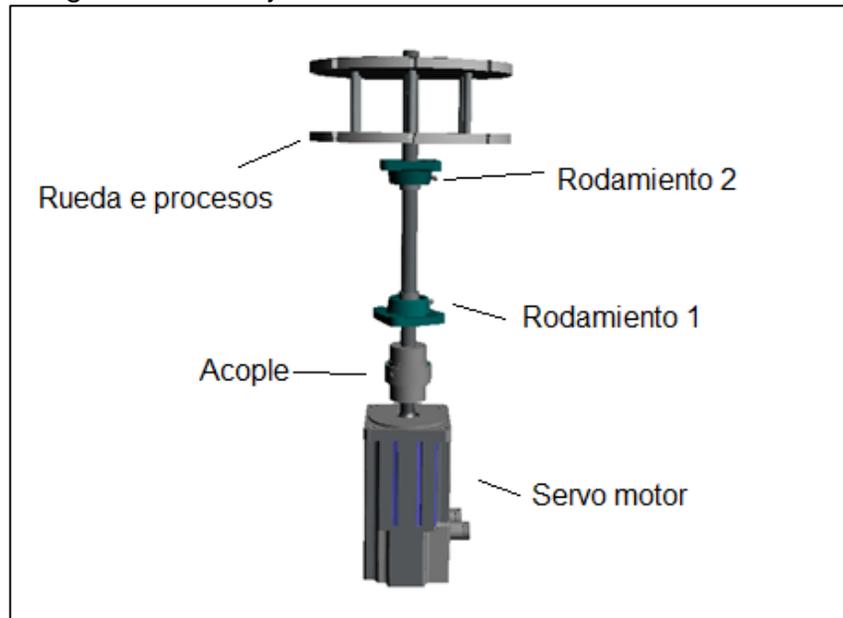
Fuente: Lenze. Automation systems drive solutions. Controls interver motors gearboxes engineering tools. [citado 2 de abril 2018]. Disponible en: https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/CAT_MT_MC_13513046_en_GB.pdf.

Teniendo en cuenta que los valores obtenidos son bajos en comparación a la capacidad que tienen los servo motores, se decide trabajar con el servomotor que maneja la mínima potencia, ya que no es continuo su movimiento y este tipo de motores permite manejar con precisión sus grados de giro.

Este servomotor maneja tiempos de desplazamiento de 1,5 a 2 milisegundos y tiene la capacidad de trabajar con ángulos de posición de 0° a 360°.

En la imagen 57, se muestra de manera detallada la posición en donde se ubica el servo motor y en el anexo E, F y G las dimensiones de este.

Imagen 57. Montaje de servomotor



Fuente: Elaboración propia.

El acople seleccionado en este caso es un acople flexible como puede apreciarse en la Imagen 57, lo que se busca con este acople es que absorba el posible desalineamiento que puede llegar a presentarse en el eje, debido a la carga repetitiva que recibe del resorte.

6.3.3. Cálculo del eje. Una vez definido lo anterior se inicia el Diseño del eje. Para el diseño del eje principal de la máquina, se decide trabajar el acero inoxidable AISI-SAE 304; dado que es uno de los materiales más utilizados en la industria farmacéutica, este material además sirve para la fabricación de ejes cuñas, piñones, entre otros; gracias a su dureza y sus propiedades mecánicas, algunas como se muestran en el anexo H.

El diseño del eje que se ha propuesto, se muestra en la imagen 58.

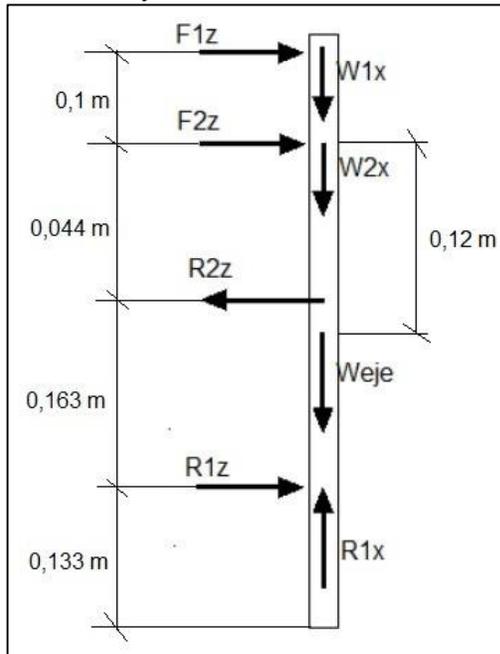
Imagen 58. Eje de transmisión



Fuente: Elaboración propia.

Para obtener las fuerzas de reacción en los cojinetes (rodamientos). Se realiza un diagrama de cuerpo libre, donde estáticamente se hallan las fuerzas y reacciones presentes en el eje como se puede observar en la imagen 59.

Imagen 59. Diagrama de cuerpo libre del eje



Fuente: Elaboración propia

Del anterior diagrama se conocen algunas reacciones y fuerzas que someten el eje, donde $W1x$ (peso del disco 1), $W2x$ (peso del disco 2), $F1z$ y $F2z$, son las fuerzas representadas por la fuerza ejercida por el resorte.

El peso de los disco es de 12,75 N por cada uno y la fuerza total que ejerce el resorte es de 2,66 N, esta fuerza se divide en dos dado que la fuerza se reparte en los dos discos, dando como resultado 1,33 N.

Teniendo en cuentas las fuerzas conocidas se procede a calcular las reacciones en los cojinetes y el peso del eje.

Para determinar el peso del eje el diseñador toma un diámetro tentativo, en este caso el diámetro escogido es de 12,7 mm teniendo en cuenta el acople que debe existir entre el servo motor (11 mm) y el eje.

A continuación se procede a calcular el peso del eje. Para determinar el peso del eje es esencial conocer la masa del mismo.

$$m_{eje} = \rho V$$

Dónde:

m_{eje} = Masa del eje.

ρ = Densidad acero inoxidable AISI 304.

V = Volumen del eje.

$$m_{\text{eje}} = 7.930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (\pi(0,00635 \text{ m})^2 * 0,44 \text{ m})$$

$$m_{\text{eje}} = 0,44 \text{ kg}$$

Con el valor obtenido de la masa del eje se procede a calcular el peso total del mismo.

$$W_{\text{eje}} = m_{\text{eje}} * g$$

Dónde:

W_{eje} = Peso del eje

g = aceleración de la gravedad

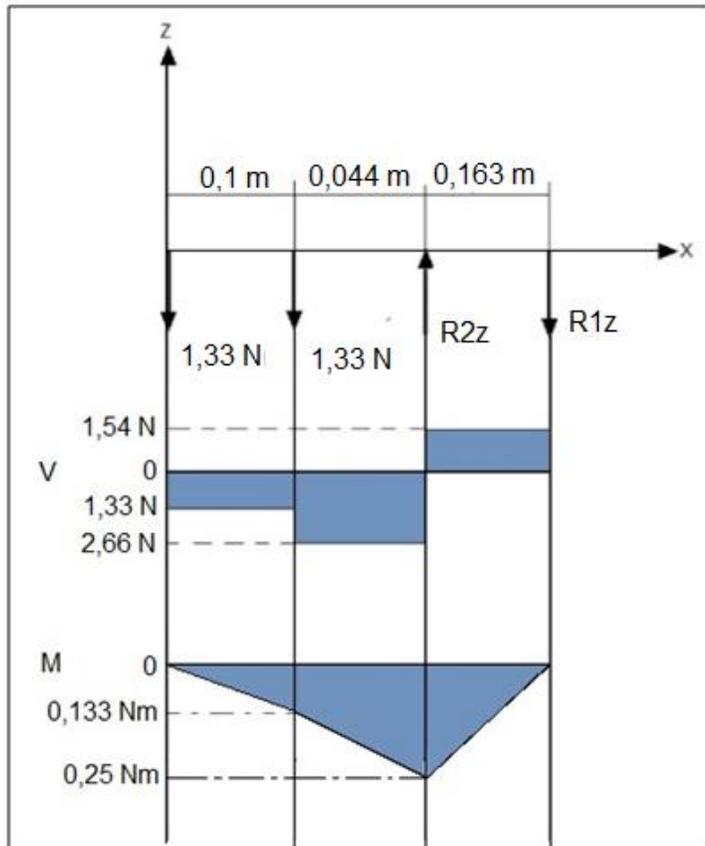
$$W_{\text{eje}} = 0,44 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{eje}} = 4,33 \text{ N}$$

Para determinar las incógnitas, se plantea una sumatoria de momentos en el rodamiento 1 (R1) y una sumatoria de fuerzas en z.

En la Imagen 60, se muestra el diagrama de cargas a cortante y momentos flectores en el plano X-Z.

Imagen 60. Diagrama de cargas cortante y momentos flectores



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a hacer la sumatoria de fuerzas.

$$\sum F_z = 0$$

$$-F_{1z} - F_{2z} + R_{2z} - R_{1z} = 0$$

$$R_{1z} = -F_{1z} - F_{2z} + R_{2z}$$

$$R_{1z} = -1,33\text{N} - 1,33\text{N} + R_{2z}$$

$$R_{1z} = -2,66\text{N} + R_{2z}$$

Como la sumatoria de fuerzas no es suficiente para determinar la reacción, se calcula sumatoria de momentos en R1.

$$\sum M_1 = 0$$

$$1,33 \text{ N}(0,307 \text{ m}) + 1,33 \text{ N}(0,207 \text{ m}) - R_{2Z}(0,163 \text{ m}) = 0$$

$$R_{2Z} = \frac{1,33 \text{ N}(0,307 \text{ m}) + 1,33 \text{ N}(0,207 \text{ m})}{(0,163 \text{ m})}$$

$$R_{2Z} = 4,2 \text{ N}$$

Obteniendo R_{2Z} , se reemplaza en R_{1Z} , como se muestra a continuación.

$$R_{1Z} = -2,66 \text{ N} + R_{2Z}$$

$$R_{1Z} = -2,66 \text{ N} + 4,2 \text{ N}$$

$$R_{1Z} = 1,54 \text{ N}$$

El diagrama de momentos se desarrolló mediante el método de áreas. En la imagen 60 se observa los rectángulos pertinentes a cada área. Donde se utilizara b como la distancia entre reacciones y h como la magnitud de la reacción.

$$A_1 = b * h = 1,33 \text{ N} * 0,1 \text{ m} = 0,133 \text{ Nm}$$

$$A_2 = b * h = 2,66 \text{ N} * 0,044 \text{ m} = 0,12 \text{ Nm}$$

$$A_3 = b * h = 1,54 \text{ N} * 0,163 \text{ m} = 0,25 \text{ Nm}$$

Dónde:

$A_1 =$ Área

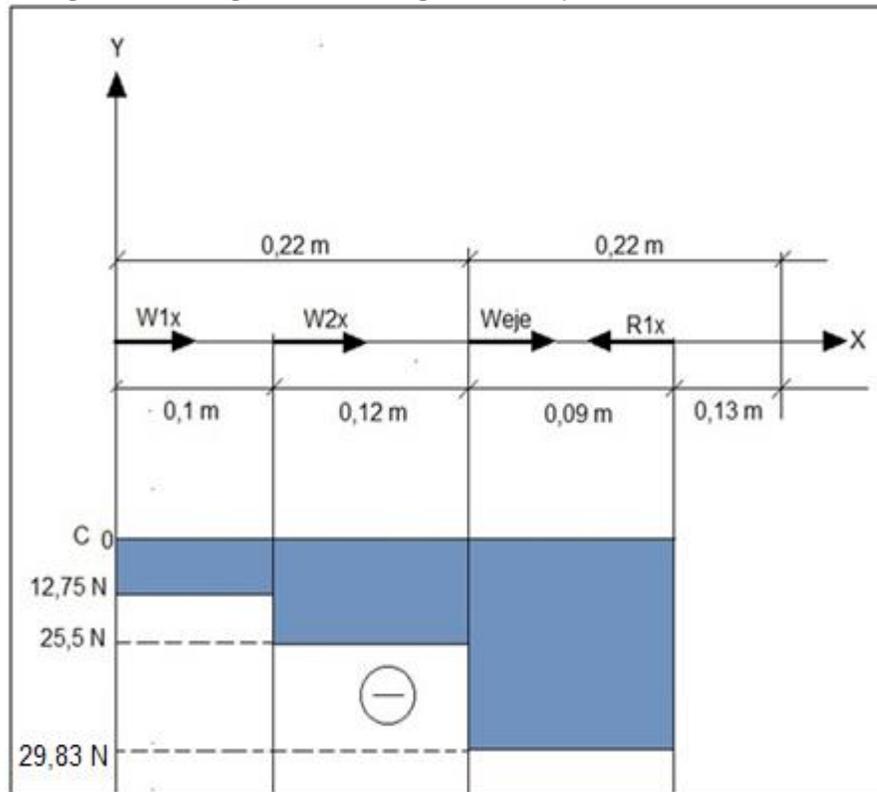
$b =$ base (distancia entre reacciones).

$h =$ altura (magnitud de la reacción).

Los datos obtenidos anteriormente se pueden apreciar en la imagen 60.

Luego como se muestra en la Imagen 61, se analiza el plano X-Y, las cargas a compresión.

Imagen 61. Diagrama de cargas a compresión



Fuente: Elaboración propia.

La fuerza desconocida es R_{1x} , la cual se haya con sumatoria de fuerzas en X.

$$\sum F_x = W_{1x} + W_{2x} + W_{eje} - R_{1x} = 0$$

$$R_{1x} = W_{1x} + W_{2x} + W_{eje}$$

$$R_{1x} = 12,75 \text{ N} + 12,75 \text{ N} + 4,33 \text{ N}$$

$$R_{1x} = 29,83 \text{ N}$$

Para el diseño de cuñas y chaveteros, se utiliza el anexo I.

6.3.3.1 Análisis de falla. Teniendo en cuenta la teoría de Vom Mises para cargas estáticas, se desarrolla el análisis del eje, donde se presenta la mayor concentración de esfuerzos, con el fin de demostrar si el diseño seleccionado presenta las condiciones necesarias para el tipo de trabajo que se necesita. Mediante la siguiente ecuación se relaciona el factor de seguridad del eje y la resistencia que el material ofrece.

$$F.S = \frac{\sigma_y}{\sigma_1 - \sigma_3}$$

F.S = factor de seguridad

σ_y = esfuerzo de fluencia del material

σ_1 = esfuerzo normal máximo

σ_3 = esfuerzo normal

Para determinar el factor de seguridad del eje, es necesario establecer los valores de σ_1 y σ_2 , para esto se utiliza el círculo de Mohr.

En la sección seleccionada existen esfuerzos cortantes y esfuerzos normales, los cuales se calculan a continuación.

Para el esfuerzo cortante es necesario conocer la fuerza cortante del punto a analizar y dependiendo su geometría, este caso la sección es circular⁶. Se tiene en cuenta el diámetro escogido por el diseñador el cual es de ½ in, como se estableció anteriormente.

$$\tau_{xz} = \frac{4V}{3A}$$

Dónde:

τ_{xz} = esfuerzo cortante

V = fuerza cortante interna

A = área sección transversal

$$\tau_{xz} = \frac{4(2,66 \text{ N})}{3 \left(\frac{\pi(0,0127 \text{ m})^2}{4} \right)}$$

$$\tau_{xz} = 27.997,74 \text{ Pa}$$

$$\tau_{xz} = 0.028 \text{ MPa}$$

Esfuerzos normales:

Analizando los diagramas de esfuerzo cortante se determina que el esfuerzo normal en y es cero.

$$\sigma_2 = 0$$

⁶ Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008..

Dónde:

σ_y = Esfuerzo normal en Y.

El esfuerzo normal que se presenta en esa sección, es un esfuerzo a compresión como se puede observar en la imagen 61, este esfuerzo está dado por la fuerza normal que se produce en ese punto y la sección transversal.

$$\sigma_x = \frac{N}{A}$$

Dónde:

σ_x = Esfuerzo normal

N = fuerza normal producida por los discos de procesos

A = área de sección transversal

$$\sigma_x = \frac{25,5 \text{ N}}{\left(\frac{\pi(0,0127 \text{ m})^2}{4}\right)}$$

$$\sigma_x = 201.299,57 \text{ Pa}$$

$$\sigma_x = 0.20 \text{ MPa}$$

Posteriormente se calcula el esfuerzo normal, generado por el momento flector máximo.

$$\sigma_c = \frac{M c}{I}$$

Donde

σ_c = esfuerzo normal generado por el momento flector

M = Momento máximo

I = momento de inercia de un círculo

c = radio

$$\sigma_c = \frac{(0,26 \text{ Nm})(0,0063 \text{ m})}{\frac{\pi(0,0063 \text{ m})^4}{4}}$$

$$\sigma_c = 1.299.892,13 \text{ Pa}$$

$$\sigma_c = 1,29 \text{ MPa}$$

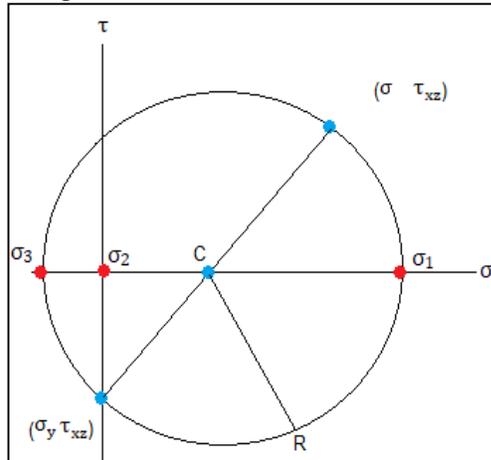
Se realiza la sumatoria de esfuerzos normales, donde se obtiene.

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_c = 0,20 \text{ MPa} + 1,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 1,49 \text{ MPa}$$

Siguiente a estos cálculos, se procede a realizar el círculo de Mohr.

Imagen 62. Círculo de Mohr



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la imagen 62, se ubicaron los valores obtenidos de σ_x , σ_z y de τ_{xz} .

Obteniendo los puntos de (σ_x, τ_{xz}) y (σ_z, τ_{xz}) , se traza un círculo entre estos dos puntos; donde se interceptan la horizontal del plano cartesiano y el círculo, ubicando los puntos $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$, llevando esto a obtener los valores de c , R , σ_1 , σ_2 , σ_3 .

El centro del círculo se determinar por la siguiente ecuación.

$$c = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

Dónde:

c = Centro del círculo.

σ_x = Esfuerzo normal en x

σ_y = Esfuerzo normal en y

$$c = \frac{1,49 \text{ MPa} + 0}{2}$$

$$c = 0,74 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido el valor del centro del círculo, es posible determinar el valor del radio del disco.

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

Dónde:

R= radio del círculo.

$$R = \sqrt{\left(\frac{1,49 \text{ MPa} - 0}{2}\right)^2 + (0,028 \text{ MPa})^2}$$

$$R = 0,74 \text{ MPa}$$

Con el valor obtenido de R, se ubica en el centro del círculo (c), sumándole el valor de R a c y de esta manera obtener el valor de σ_1 .

$$\sigma_1 = R + c$$

$$\sigma_1 = 0,74 \text{ MPa} + 0,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 1,49 \text{ MPa}$$

Se repite los mismo del cálculo anterior, con la diferencia que a R se le resta el valor de c, para obtener el valor de σ_3 .

$$\sigma_3 = c - R$$

$$\sigma_3 = 0,74 \text{ MPa} - 0,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = -0,02 \text{ MPa}$$

Se tiene en cuenta que el punto σ_2 es cero.

$$\sigma_2 = 0$$

Una vez obtenidos todos los valores necesarios para determinar el factor de seguridad se reemplaza en la siguiente ecuación.

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{\text{Von Mises}}}$$

Dónde:

$\sigma_{\text{Von Mises}}$ = Esfuerzo de Von Mises

El esfuerzo de Von Mises está dado por la siguiente ecuación⁷.

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = \left(\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = \left(\frac{((1.49 \text{ MPa} - 0))^2 + (0 - (-0,02 \text{ MPa}))^2 + ((-0,02 \text{ Pa}) - 1.49 \text{ MPa})^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = 1.49 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido el valor del esfuerzo Von Mises, se reemplaza en la ecuación del factor de seguridad.

$$F. S = \frac{310 \text{ MPa}}{1,49 \text{ MPa}}$$

$$F. S = 207$$

El factor de seguridad bajo parámetros de carga estática es de 207 lo cual en varios casos se considera un valor alto.

En este caso el factor de seguridad es aceptable teniendo en cuenta que el material escogido es indispensable para el tipo de trabajo al que será sometido, por causas de salubridad e higiene de los aplicadores vaginales. Otro punto a tener en cuenta es el diámetro escogido desde un principio para el eje, la selección de este diámetro se basó específicamente por las condiciones de acople entre servo motor y eje de transmisión como se mencionó anterior mente el servo motor cuenta con un eje de 11 mm de diámetro, por este motivo se trabajó con el diámetro de 12,7 mm para el eje de transmisión, con el fin de manejar un eje de medida estándar fácil de adquirir en el mercado y que permita un acople rápido entre ambas partes.

6.3.3.2 Análisis por fatiga. Se analizará cómo se comporta el eje a cargas continuas que varían con el tiempo, y que dimensiones darle para que resista tal condición.

La falla por fatiga puede generarse por el cambio de sección transversal, allí ocurren concentraciones de esfuerzos generando grietas de fracturas en el eje. Teniendo en cuenta que el eje rotativo debe tener cambios de sección para que los rodamientos se asienten y tomen cargas de empuje. Se analizará el análisis para vida infinita con la teoría del criterio de Goodman se determina el factor de seguridad:

⁷ Robert L. Mott, P.E. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México: Pearson educación, 2006.

$$F. S = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

Para la estimación del diámetro, se necesitan unos factores que modifican el límite de resistencia del material. Donde Marin⁸ identificó estos factores y así los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y otros puntos. A continuación se muestra la ecuación:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Donde;

S_e = límite de resistencia a la fatiga en el punto crítico de una parte de la pieza.

k_a = Factor de superficie.

k_b = Factor de tamaño.

k_c = Factor de modificación de la carga.

k_d = Factor de modificación de la temperatura.

k_e = Factor de confiabilidad.

S'_e = límite de resistencia a la fatiga

Se continúa escogiendo un k_a , el cual es un factor de modificación de la condición superficial, con la siguiente ecuación.

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

Los valores a y b, son sacados de la tabla 2.

Tabla 2. Valores a y b, para factor k_a

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , 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

Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 280.

⁸ Josph Marin. mechanical Behavior of Engineering Materials. Pretince Hall, Englewood Cliffs, N.J, 1962, pag 224.

Estos valores dependen del tipo de acabado superficial del eje. En este caso es maquinado y laminado en frío, ya que es el más recomendado para diámetros mayores a $\frac{3}{4}$ in.

$$k_a = 2.7(310)^{-0.265} = 0.59$$

Para un factor de tamaño k_b , depende del tamaño de la sección el eje. En este caso es de 12,7 mm el diámetro mínimo de esta sección. De esta manera se utiliza la siguiente ecuación;

$$k_b = 0,879(0,5)^{-0,107}, \text{ donde } 0,11 \leq d \leq 2 \text{ in}$$

$$k_b = 0,879(0,5)^{-0,107} = 0,94$$

Para determinar el factor de modificación de carga k_c , se define qué tipo de esfuerzo está sometiendo el eje. En este caso se encuentran esfuerzos combinados, por esto tiene un valor de $k_c = 1$.

Se toma como valor del factor de temperatura $k_d = 1$, teniendo en cuenta que el mecanismo alcanza una temperatura despreciable, dado que las revoluciones que maneja son bajas.

El factor de confiabilidad $k_e = 1$, dado que no se manejan cargas altas.

Luego el factor de concentración de esfuerzos k_t .

Donde se toma el catálogo de SKF, y se calcula (r/d) . Para pasar a la tabla y escoger los valores de flexión y torsión. Este análisis se hace con el libro diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

$$\frac{r}{d} = \frac{0,3}{12,7} = 0,02$$

Donde:

r= radio de redondeo

d= Diámetro del eje.

El factor de concentración de esfuerzos se analiza en el cambio de sección del eje, como se muestra en la Imagen 60.

En la tabla 3, se estiman unos factores de esfuerzos k_t .

Tabla 3. Factores de esfuerzos k_t .

	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 ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 361.

Se escoge; $k_t = 2,7$, $k_{ts} = 2,2$

Donde

k_t = factor de concentración de esfuerzo por flexión

k_{ts} = factor de concentración de esfuerzos por torsión

Se utiliza el criterio de ED-Goodman, sacado del libro de diseño de máquinas de Shigley.

Se analiza en el punto R_{2Z} , donde es el mayor momento flexionante y existe en el hombro una concentración del esfuerzo; por este motivo se coloca un mayor diámetro, para así soportarlos.

Se selecciona el siguiente tamaño estándar cercano de $d = 12,7$ mm.

Una de las relaciones para el soporte en un hombro es, $D/d = 1,6$, entonces;

$$D = 1,6 * 12,7 \text{ mm} = 21 \text{ mm}$$

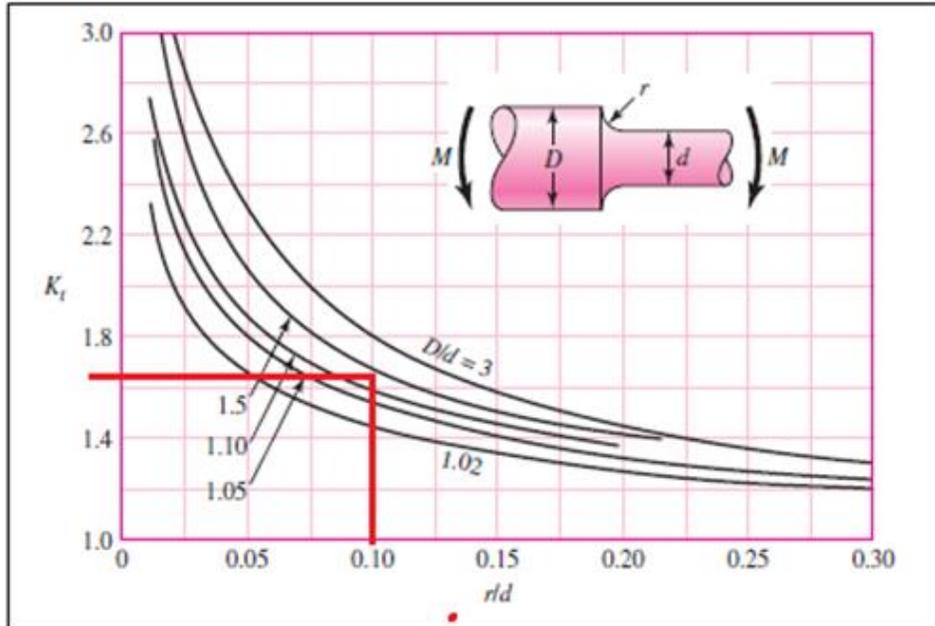
Se comprueba, $D/d = 1,6$. Para que sea aceptable la relación D/d , está en un rango de 1,2 a 1,8.

Luego el radio de filete; $r = d/10$ en milímetros.

$$r = \frac{12,7 \text{ mm}}{10} = 1,27 \quad \frac{r}{d} = 0,1$$

Estas relaciones se utilizan para la imagen 63, a continuación;

Imagen 63. Eje redondeo con filete hombro en flexión



Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 1008.

El nuevo valor de $k_t = 1,6$, que se usa con el esfuerzo nominal para obtener el esfuerzo máximo resultante, debido a la irregularidad o defecto. Y el valor $q = 0,6$.

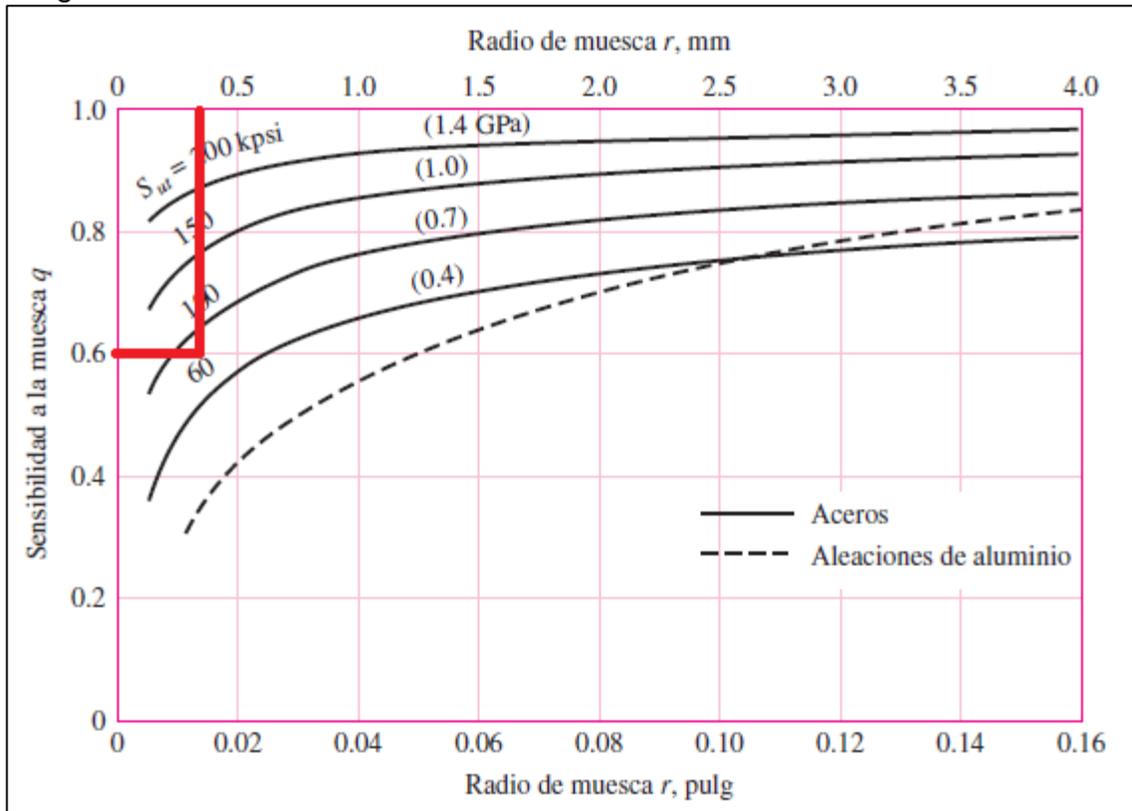
Donde;

q = sensibilidad a la muesca

$$S_{ut} = 0,62 \text{ GPa}$$

Está definida esta sensibilidad por la Imagen 64.

Imagen 64. Sensibilidad a la muesca



Fuente: Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 287.

De la siguiente ecuación, se procede a calcular

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$k_f = 1 + 0,6(1,6 - 1)$$

$$k_f = 1,36$$

Donde;

k_f = factor de concentración del esfuerzo por fatiga.

Con los valores establecidos anteriormente se procede a resolver la ecuación del límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = (0.59)(0.94)(1)(1)(1)(1.36)(310 \text{ MPa}) = 233,81 \text{ MPa}$$

De la siguiente ecuación, se combinan esfuerzos, de acuerdo a la teoría de falla por energía de distorsión, donde los esfuerzos por Von Mises, sin tener en cuenta las cargas axiales, se dan por;

$$\sigma_a = (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde;

σ_a = esfuerzo alternante

$$\sigma_a = \left[\left(\frac{32k_f M_a}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_a = 1,7 \text{ MPa}$$

Se reemplaza en la ecuación del criterio de Goodman, mencionada anteriormente.

$$F. S = \frac{1}{\frac{\sigma_a + \sigma_m}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \cdot 0$$

$$F. S = \frac{1}{\frac{1,7 \text{ MPa}}{233,81 \text{ Mpa}}}$$

$$F. S = 137,05 \text{ MPa}$$

Con este factor de seguridad y teniendo unos esfuerzos tan bajos, podemos decir que se lleva a vida útil infinita el eje.

6.3.4 Selección de rodamientos. Los rodamientos son piezas utilizadas para que se pueda transmitir movimiento, es decir apoyan y guían componentes que giran entre sí; Además de esto ayuda a reducir la fricción entre estos elementos y transmiten cargas en dirección radial y axial, en la transmisión del movimiento, como se muestra en la Imagen 65.

Imagen 65. Cargas en los rodamientos



Fuente: Motion & Control KSK. Rodamientos. [citado 17 de septiembre del 2018]. Disponible en: <https://www.nskeurope.es/que-es-un-rodamiento-152.htm>.

En el eje diseñado se escogen dos tipos de rodamientos; para el rodamiento 1, se escoge un rodamiento rígido de una hilera de bolas, ya que en este punto transmite cargas combinadas, una axial y una radial que actúan simultáneamente.

En el rodamiento 2 se escoge un rodamiento de rodillos cilíndrico, ya que se necesita que transmita una carga radial únicamente.

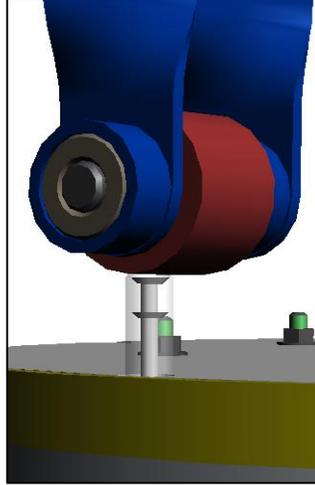
En los anexos J y K, se encuentran los catálogos de SKF, con los rodamientos seleccionados.

6.3.5 Sub-sistema de ensamble. Consiste en un rodillo anclado a la estructura, de forma fija de tal manera que logre generar la presión necesaria para el ensamble.

Este rodillo tiene un recubrimiento de caucho de nitrilo lo cual permite un ensamble adecuado sin llegar a deformar el aplicador gracias a las propiedades mecánicas del caucho.

El rodillo se encuentra ubicado justo por encima del punto máximo del aplicador como se observa en la imagen 66, esto con el fin de lograr desplazar el émbolo solamente los 3 mm necesarios para lograr el ensamble.

Imagen 66. Posición del rodillo frente al aplicador

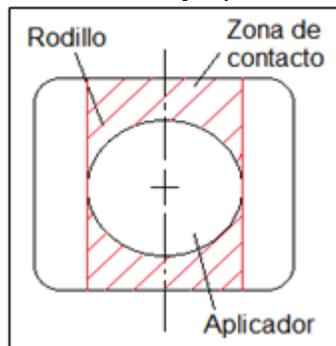


Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el ancho y al diámetro adecuado del rodillo se tiene en cuenta el diámetro del aplicador y el desplazamiento de 3 mm que se debe generar para generar el ensamble, con el fin de evitar sobre dimensionamiento y una fácil instalación a la hora del montaje.

Teniendo en cuenta que el diámetro del aplicador es de 12 mm se diseñó el ancho del rodillo dos veces más grande que el diámetro del aplicador de esta manera generando un total contacto entre aplicador y rodillo, de este modo la superficie que no entra en contacto con el aplicador es mínima como se puede observar en la imagen 67, evitando sobrecosto a la hora de su fabricación.

Imagen 67. Contacto entre rodillo y aplicador

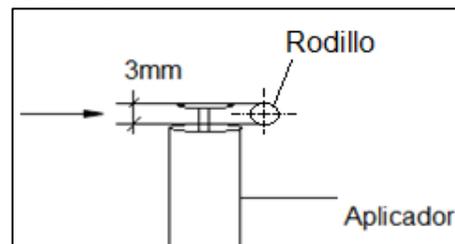


Fuente. Elaboración propia.

Determinar el diámetro del rodillo es de suma importancia, ya que de este depende un perfecto ensamble.

Como primera medida se tiene en cuenta los 3 mm de desplazamiento que debe generarse para lograr el ensamble, dicho esto la primera medida que se toma para el diámetro del rodillo es de 3 mm, como se puede observar en la imagen 68, el diámetro es demasiado pequeño, de esta manera no se logra sobrepasar la altura de ensamble, ocurriendo un atascamiento.

Imagen 68. Rodillo de 3 mm de diámetro

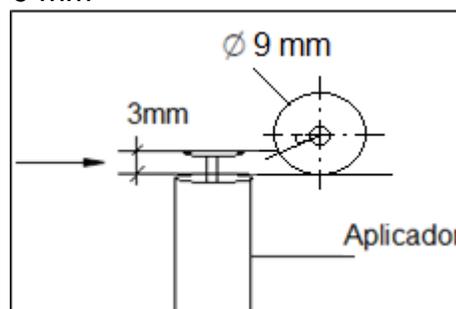


Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el diámetro es demasiado pequeño se aumentó su tamaño tres veces más. De esta manera quedando un rodillo de 9 mm de diámetro buscando un ángulo de entra entre aplicador y rodillo óptimo para lograr el ensamble.

En la imagen 69 se puede observar que al igual que la medida anterior el diámetro seleccionado para el rodillo sigue siendo pequeño, lo que ocasiona que el ángulo de contacto entre estos dos sea menor a 45° lo que se ve reflejado en un atascamiento, según el diseñador.

Imagen 69. Rodillo de diámetro 9 mm

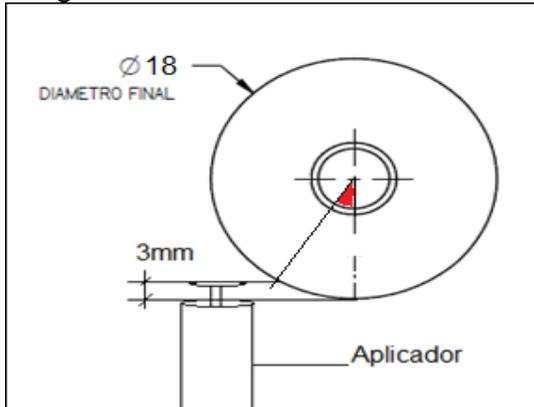


Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos anteriormente, el diseñador decidió aumentar el doble el diámetro del rodillo, de esta manera dando una medida final

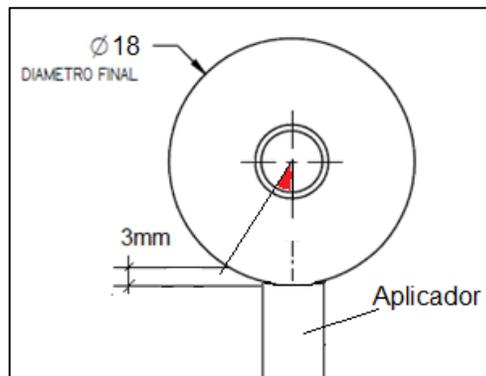
de 18 mm, como se puede observar en la imagen 70 el ángulo de entrada o de contacto entre aplicador y rodillo, supera los 45 °, lo que favorece el contacto pleno entre estos dos, evitando el atascamiento y de esta manera asegurando el ensamble del aplicador, como se puede observar en la imagen 71.

Imagen 70. Rodillo de diámetro 18 mm



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 71. Ensamble final con rodillo



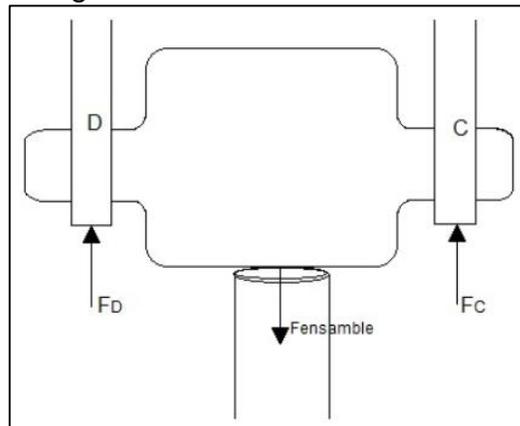
Fuente: Elaboración propia.

El diámetro del rodillo es 18 mm, buscando un ensamble más suave, del aplicador al rodillo, dado que entre más pequeño sea el rodillo, el cambio de sección afecta la deflexión que puede llegar a sufrir el émbolo.

5.3.6 Rodillo de ensamble. Se analiza la estructura del rodillo, para saber si la reacción del ensamble, no genera un esfuerzo cortante sobre éste, y se determina el diámetro que sea admisible, para dicha carga de ensamble.

En la Imagen 72, se puede observar en una vista frontal el ensamble y las fuerzas que actúan sobre este elemento.

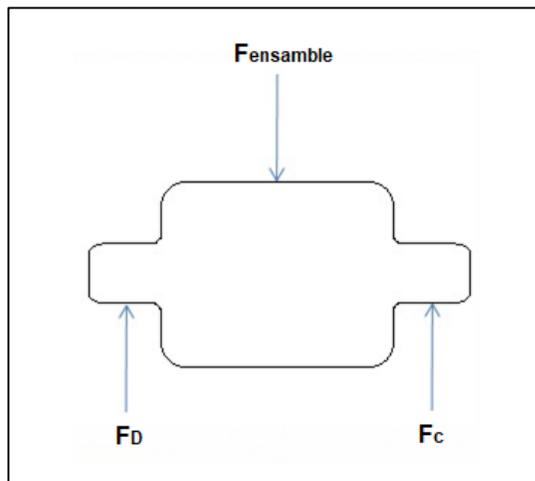
Imagen 72. Ensamble



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza un diagrama de cuerpo libre, para encontrar el valor de las fuerzas, como se muestra en la Imagen 73.

Imagen 73. Diagrama de fuerzas en rodillo de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

Se procede a calcular una sumatoria de fuerzas, obteniendo;

$$\sum F_{y=0}$$
$$F_{\text{ensamble}} - F_D - F_C = 0$$
$$F_{\text{ensamble}} = 2F$$

$$F = \frac{F_{\text{ensamble}}}{2}$$

Donde;

F_{ensamble} = Fuerza necesaria para ensamblar émbolo-cánula.

F = Fuerza necesaria para equilibrar sistema.

Igualando a la ecuación de esfuerzo cortante permisible.

$$\tau_{\text{per}} = \frac{F}{A}$$

Donde:

τ_{per} = Esfuerzo cortante permisible

$$\tau_{\text{per}} = \frac{\frac{F_{\text{ensamble}}}{2}}{A}$$

$$\tau_{\text{per}} = \frac{F_{\text{ensamble}}}{2A}$$

$$F_{\text{ensamble}} = 3 \text{ kgf} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{\text{ensamble}} = 29.4 \text{ N}$$

$$\tau_{\text{Flu}} = 0,57 \sigma_{\text{perm}}$$

$$\tau_{\text{Per}} = \frac{\tau_{\text{Flu}}}{F. S.}$$

$$\tau_{\text{Per}} = \frac{0,57 * 3,1 \times 10^8 \text{ Pa}}{2}$$

$$\tau_{\text{Per}} = 88,35 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau_{\text{Per}} = 8835 \text{ MPa}$$

$$8835 \text{ MPa} = \frac{F_R}{2A}$$

$$8835 \text{ MPa} = \frac{29,4 \text{ N}}{2A}$$

$$A = \frac{29,4 \text{ N}}{2(8835 \text{ MPa})}$$

$$A = 1,66 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\pi r^2 = \frac{29,4 \text{ N}}{2(8835 \text{ MPa})}$$

$$r^2 = \frac{29,4 \text{ N}}{2(8835 \text{ MPa})\pi}$$

$$r^2 = 5,3 \times 10^{-10} \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{5,3 \times 10^{-10} \text{ m}^2}$$

$$r = 0,023 \text{ m}$$

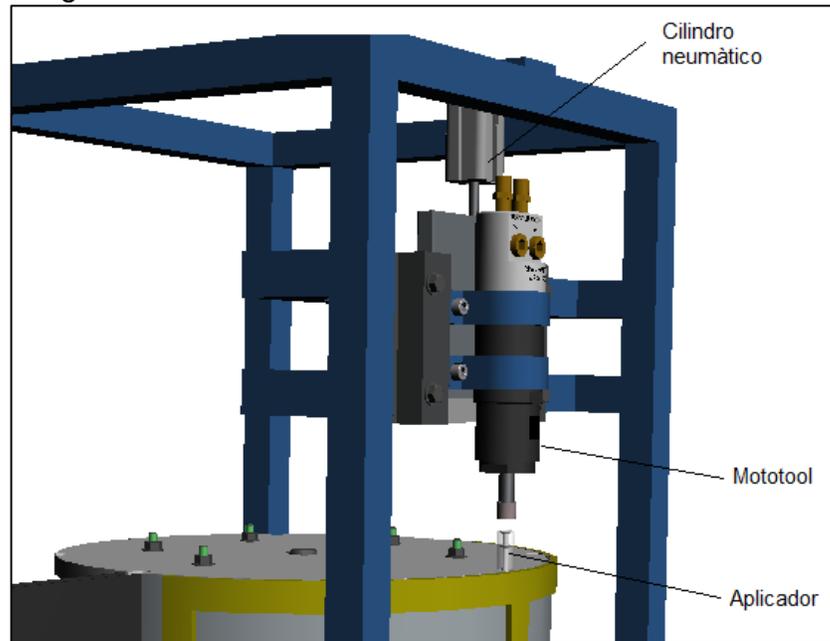
Con el resultado obtenido se busca comprobar que el diámetro escogido por el diseñador, soporta la carga a la que está sometido. Dicho esto se utiliza el diámetro de un tornillo estándar de M4.

6.4 SUBSISTEMA DE REMOCIÓN DE REBABA

En la Imagen 74, se muestra el sub-sistema de remoción de rebaba, con cada uno de sus componentes.

Como se puede observar en la imagen, la herramienta a utilizar para la remoción de rebaba es un mototool accionado de forma neumática, y un cilindro neumático, el cual se encarga de subir y bajar la herramienta para lograr el desbaste adecuado.

Imagen 74. Sub-sistema de Remoción de rebaba



Fuente: Elaboración propia.

5.4.1 Mototool. Teniendo en cuenta la selección de alternativas de diseño donde se escogió como solución el pulir a manera de desbaste la superficie de los aplicadores para esto se tienen en cuenta los siguientes criterios.

Lija número 120.

Velocidad del motor 1200 rpm.

Tiempo de contacto entre herramienta y aplicador 1 segundo.

Se selecciona el tipo Mototool que cumpla con la mayoría de criterios anteriormente mencionados. En la Imagen 75, se muestra un tipo de Mototool y en la Imagen 76 los tipos de accesorios y el tipo de grano a trabajar.

Imagen 75. Selección del mototool



Fuente: Beltec. Herramientas y equipos. Mototools. [citado 25 de abril, 2018]. Disponible en: <https://belltec.com.co/mototools/18781-mototool-dremel-3-aditamentos.html>.

Las especificaciones técnicas del Mototool son:

- Tipo: Amoladora neumática.
- Velocidad: 24.000 rpm.
- Modelo: 78-340.
- Diámetro: Manguera 3/8".
- Peso: 1,2 kg.
- Presión de aire recomendada de 90 psi.
- Consumo de aire de 4 CFM.

Imagen 76. Selección del esmeril

Accesorios DREMEL TRIO™

Descripción	N° Dremel	Código de barras	Unidad mínima de venta	Precio de lista*
Trio punta multiuso HSS (acero-rápido)	TR561	2 615 T56 1AA	1	77,00
Trio punta multiuso HSS (acero-rápido) - 2 piezas	TR561B	2 615 T56 1AB	1	120,00
Trio punta corte azulejo	TR562	2 615 T56 2AA	1	88,00
Trio punta multiuso HM (metal duro)	TR563	2 615 T56 3AA	1	88,00
Trio adaptador para tubo de lija + lija grano 60	TR407	2 615 T40 7AA	1	27,00
Trio lija grano 60	TR408	2 615 T40 8AA	1	27,00
Trio lija grano 120	TR432	2 615 T43 2AA	1	27,00
Trio lija grano 240	TR445	2 615 T44 5AA	1	27,00
Trio adaptador para tubo de lija + lijas	TR470	2 615 T47 0AA	1	27,00
Trio fresa para bordes 1/8"	TR615	2 615 T61 5AA	1	65,00
Trio fresa paralela 1/4"	TR654	2 615 T65 4AA	1	45,00
Trio fresa trapecial	TR618	2 615 T61 8AA	1	60,00
Trio fresa paralela + fresa para bordes	TR670	2 615 T67 0AA	1	88,00

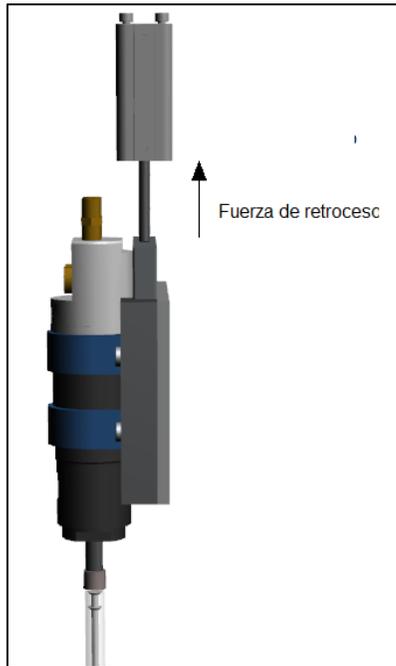
Fuente: Beltec. Herramientas y equipos. Mototools. [citado 25 de abril, 2018]. Disponible en: <https://belltec.com.co/mototools/18781-mototool-dremel-3-aditamentos.html>.

5.4.2 Cilindro neumático. El espacio que la empresa dispone para la ubicación de la máquina, cuenta con una línea de aire comprimido de 300 psi.

Para la selección del cilindro neumático ha de tenerse en cuenta la fuerza de avance y la fuerza de retroceso; para este caso se desprecia la fuerza de avance del cilindro, dado que del trabajo que ha de realizar el cilindro es el de desplazar una pieza sin necesidad de que esta aplique fuerza para el proceso que se desea realizar.

Dicho lo anterior es necesario conocer la fuerza de retroceso que debe ejercer el cilindro para lograr desplazar la pieza de manera ascendente como se observa en la imagen 77.

Imagen 77. Sistema de remoción de rebaba



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que la carga que debe levantar el cilindro es de 8 N, la cual es relativamente baja, se decide trabajar con el cilindro de doble efecto más pequeño, que maneja la compañía Festo Colombia, y que cumpla con la necesidad que se desea satisfacer. En la imagen 78, se muestra la selección del cilindro y en la imagen 79 las propiedades de este.

Imagen 78. Selección del cilindro

Cilindros redondos DSNU						FESTO					
Cuadro general de productos											
Funcionamiento	Ejecución	Diámetro del émbolo [mm]	Diámetro Vástago [mm]	Carrera [mm]	Carrera específica ¹⁾ [mm]	Vástago					
						Doble	Prolongado	Rosca exterior			Rosca interior
								Prolongado	Corta	Especial	
						S2	K8	K2	K6	K5	K3
Doble efecto		DSNU... – Camisa del cilindro de acero inoxidable									
		8, 10	3, 5	10, 15, 20, 25,	1 ... 100						
		12, 16	8, 11	30, 35, 40, 50,	1 ... 200						
		20	12	60, 70, 80, 100,	1 ... 320						
		25	14	125, 150, 160, 200, 250, 300, 320, 400, 500	1 ... 500			■	■	■	■
32, 40, 50, 63	16, 18	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320	1 ... 500						■ A partir de ∅ 25	■ A partir de ∅ 20	

Fuente: Festo. Catálogos de cilindros neumáticos. [Citado 10 de abril, 2018]. Disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/DSNU_ES.PDF.

Imagen 79. Especificaciones del cilindro

Cilindros redondos DSNU ★



- Amortiguación de regulación automática en las posiciones finales
- Diámetro: 8, 10, 12, 16, 20, 25 mm (norma)
- Diámetro: 32, 40, 50, 63 mm
- Carrera: 1 ... 500 mm
- Fuerza: 7... 1870 N**
- Doble efecto**
- Detección de posiciones
- Amortiguación fija / regulable / autorregulable
- Brida de fijación

★ Gama básica

★ DSNU

Fuente: Festo. Catálogos de cilindros neumáticos. [citado 10 de abril, 2018]. Disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/DSNU_ES.PDF.

La fuerza de retroceso que debe generar el cilindro debe ser igual a la carga que debe levantar, dicho esto se asume que la fuerza de retroceso es de 8 N.

Con los datos obtenidos por catálogo y dada la fuerza de retroceso se procede a calcular la presión necesaria para que el sistema cumpla con su función. Tomando la ecuación de fuerza de retroceso.

$$F_{\text{retroceso}} = P * A * \eta$$

Dónde:

F: Fuerza de retroceso (N)

P: presión (Bar)

A: Área del cilindro

η : Eficiencia (0,95)

Se determina el área del cilindro.

$$A = \frac{\pi((\emptyset_e)^2 - (\emptyset_v)^2)}{4}$$

Dónde:

\emptyset_e : Diámetro del émbolo

\emptyset_v : Diámetro del vástago

$$A = \frac{\pi((8 \text{ mm})^2 - (3 \text{ mm})^2)}{4}$$

$$A = 43,19 \text{ mm}^2$$

Despejando la presión en la ecuación de fuerza de retroceso da como resultado el siguiente valor:

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

$$P = \frac{8 \text{ N}}{43,19 \text{ mm}^2 * 0,95}$$

$$P = 0,19 \text{ Bar}$$

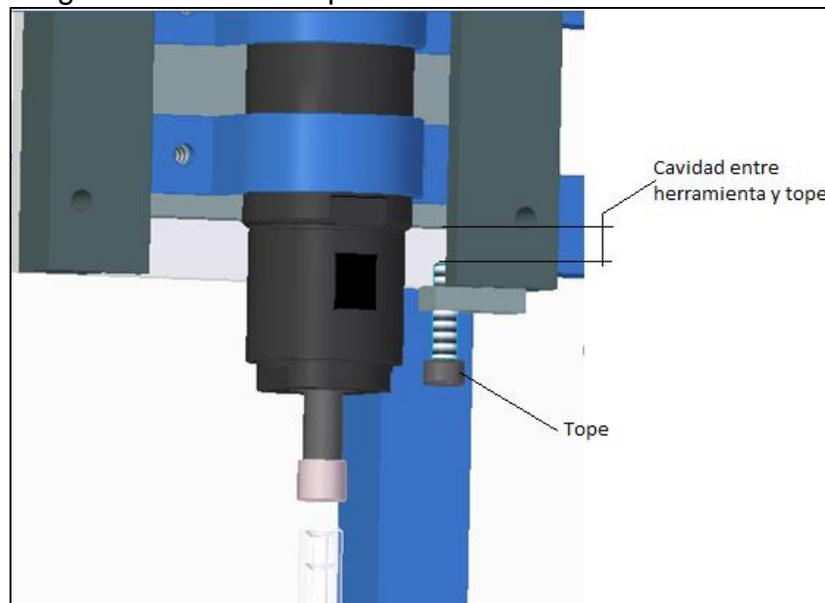
Para que el cilindro funcione y cumpla con las características anteriormente mencionadas la presión necesaria es de 0,19 bar, la cual se puede alimentar, porque la empresa cuenta con 20,7 bar, suministrada por el compresor.

5.4.3 Calibrador del sistema de remoción. Se trata de un tornillo, que se utiliza como un tope que impide que baje más de lo debido la guía de avance del cilindro neumático.

Este tornillo se enrosca para hacer más alto o más bajo el tope, con el fin de lograr una mayor precisión de la herramienta a la hora de generar el desbaste, cuando el cilindro neumático baje para la remoción de rebaba. Es fundamental que el operario realice una inspección visual en periodos cortos de una hora para realizar un ajuste si es necesario.

Esté tornillo sirve para cuando la lija se va desgastando, por consiguiente, cambia su medida, pero en vez de cambiar la herramienta, se le da un ajuste con el tornillo, hasta la medida necesaria para la remoción. En la imagen 80 se aprecia dónde va ubicado el tope y la cavidad que existe entre la herramienta de desbaste y el tope.

Imagen 80. Calibrador para la remoción de rebaba



Fuente: Elaboración propia.

6.5 SUBSISTEMA DE LIMPIEZA

El subsistema de limpieza es fundamental para el acabado del aplicador vaginal. Se utiliza con el fin de eliminar residuos no deseados que puede a llegar a ser generado en el proceso de remoción de rebaba.

Se trata de una manguera que sale de una válvula 3/2 pulgada; va adherida a una boquilla la cual distribuye el aire al aplicador, para remover residuos.

Un filtro al principio de la entrada de alimentación de aire sirve para eliminar impurezas que pueden llegar a presentarse en el aire comprimido.

6.6 SUBSISTEMA DE EMPAQUE

De los diferentes proveedores y máquinas empaquetadoras existentes en el mercado, se seleccionó la máquina flow pack. Se elige por varios parámetros como lo son la capacidad de empaque, la velocidad y espacio que ocupa la máquina, otra ventaja es que es de fácil adaptación para empaclar los diferentes productos que ofrece la empresa Dakota plásticos.

Teniendo en cuenta que la empresa Dakota plásticos en la actualidad cuenta con una gran variedad de artículos en el mercado, como se muestra en el anexo L, M, N, O, P; y la mayoría se empacla de manera individual, como se realiza con los aplicadores vaginales.

Por lo tanto se expondrán las funciones y características más importantes de la empaquetadora.

6.6.1. Empaquetadora Flow-pack Ref EUR-250-D. En la imagen 81 se puede apreciar la estructura y forma original de la máquina empaquetadora.

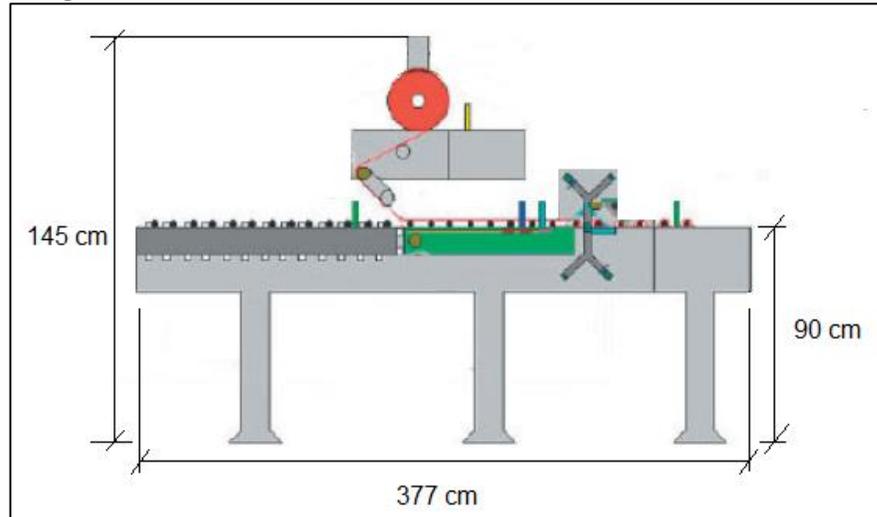
Imagen 81. Empaquetadora Flow-pack Ref EUR-250-D



Fuente: INTERTEC. COTIZACIÓN.

Son máquinas automáticas de envasado horizontal de alta producción, que utilizan una sola bobina de film, para la realización de la envuelta, mediante tres soldaduras, dos transversales y una longitudinal. Este tipo de máquina está orientada tanto al mercado alimenticio como al no alimenticio.⁹

Imagen 82. Flow Pack horizontal con dimensiones



Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones de la máquina se pueden apreciar en la imagen 82. Estas dimensiones fueron otorgadas por parte de la empresa que se contactó, para la compra o arriendo de la máquina como se puede apreciar en el anexo Q.

Teniendo en cuenta que lo que busca la empresa es empacar otro tipo de productos, la empaquetadora Flow-Pack no se deja anclada al suelo, con el fin de hacer más fácil su desplazamiento por la zona de trabajo.

La forma de empacar consta de una bolsa sellada por triple costura en forma de almohada, que permite garantizar calidad y seguridad al producto, una buena terminación y un sellado inviolable. La película, llamada “film” está dispuesta de tal manera que pasa a través de un túnel conformador, rodea el producto creando un tubo de plástico y se sella con la ayuda de tres soldaduras, dos transversales y una longitudinal.¹⁰

La excelente presentación de la impresión, y encargado de mantener o aumentar las velocidades de producción de la empaquetadora es el codificador tipo INK PRINTER que se observa en la imagen 83.

⁹ Packaging machinery. Máquinas de envasado. [citado 16 de Junio, 2018]. Disponible en: <https://www.ulmapackaging.com/máquinas-de-ensado/flow-pack-hffs>.

¹⁰ Envasados a terceros. Todo lo que deberías saber del formato envase flowpack. [citado 16 de Junio, 2018]. Disponible en: <https://envasados.es/formato-envase-flowpack/>.

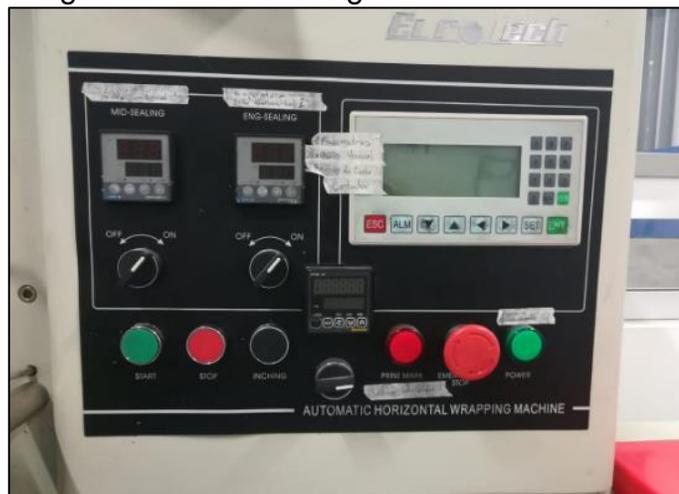
Imagen 83. Codificador tipo INK PRINTER



Fuente: INTERTEC SAS.

El control de temperatura para lograr un apropiado sellado, se da por parte del pirómetro digital que se muestra en la imagen 84.

Imagen 84. Pirómetro digital



Fuente: INTERTEC SAS.

La foto celda que se muestra en la imagen 85, es la encargada de la impresión publicitaria de una manera perfecta, ya que cuenta con ajuste sensible de lectura.

Imagen 85. Foto celda



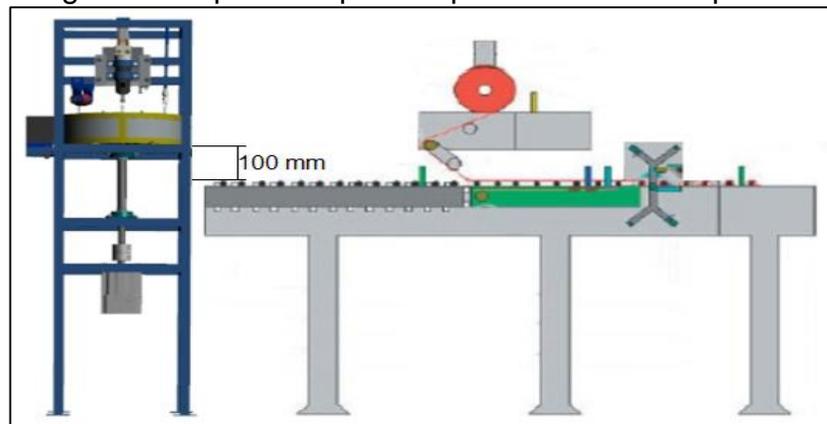
Fuente: INTERTEC SAS.

Las características técnicas de la máquina empaquetadora, se pueden apreciar en el anexo R, donde se encuentra; peso de la máquina, velocidad de trabajo, material de empaque, entre otras. Estas son características fundamentales que se deben tener en cuenta para el uso adecuado de la máquina.

6.6.2 Acople entre las dos máquinas. El acople de la máquina está determinado, en que a medida que la máquina encargada del acabado del aplicador vaginal, expulse uno a uno los aplicadores, estos deben ir cayendo progresivamente a la banda transportadora de la máquina Flow-Pack.

Teniendo en cuenta que la altura máxima de la máquina empaquetadora Flow-Pack, es de 900 mm y la altura máxima de máquina de acabado es de 1.000 mm, se toman los 100 mm de sobra como ayuda para la caída del aplicador como se muestra en la imagen 84.

Imagen 86. Espacio disponible para la caída del aplicador

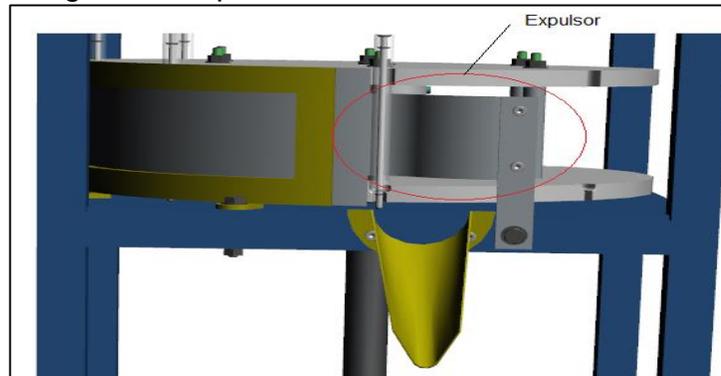


Fuente: Elaboración propia.

Dado el espacio disponible para la caída del aplicador y se sabe que la banda transportadora de la Flow-Pack, cuenta con una ranura para la llegada de cada aplicador, se diseña un sistema de expulsión que permita mantener los tiempos del proceso y a su vez no tenga contra tiempos para asegurar la posición del aplicador.

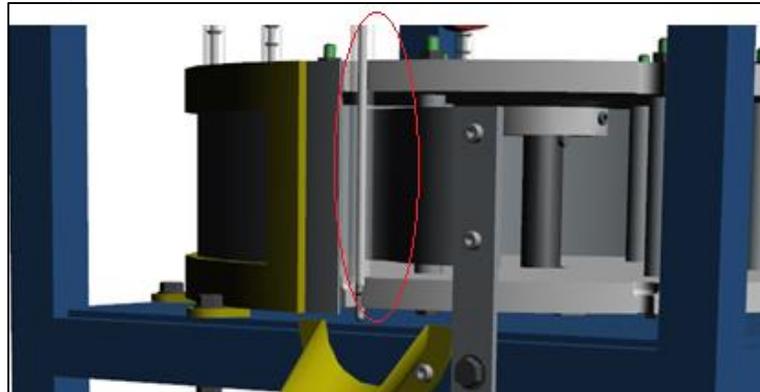
6.6.3 Sistema de expulsión. El sistema de expulsión está ubicado en la Fase 5 que se muestra en la Imagen 85, con el fin de mantener los tiempos en el proceso, se ubica una lámina que sirva como expulsor de cada aplicador que llega a esta posición, como se puede observar en la imagen 87; en la imagen 88 se puede observar el contacto necesario para sacar del equilibrio el aplicador y logre caer de la rueda de procesos.

Imagen 87. Expulsor



Fuente: Elaboración propia.

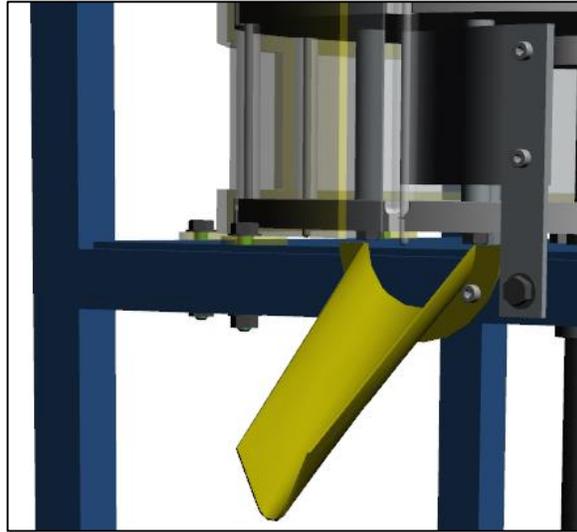
Imagen 88. Contacto entre aplicador y expulsor



Fuente: Elaboración propia.

El embudo por el cual caerán los aplicadores se diseña de forma cónica como se puede observar en la imagen 89, buscando favorecer la ubicación de caída, que puede llegar a presentarse a la hora de expulsar cada aplicador, e igualmente tomando como referencia la ranura que se presenta en la empaquetadora Flow-pack.

Imagen 89. Embudo



Fuente: Elaboración propia.

Gracias a la conicidad del subsistema de expulsión de la máquina de procesos (imagen 89), uno a uno caerán los aplicadores en la ranura de la banda transportadora de la máquina empaquetadora como se puede apreciar en la imagen 90 y en la imagen 91 se puede apreciar los espaciadores de la banda, de esta manera logrando mantener la sincronización entre ambas máquinas y obtener los tiempos estipulados para el proceso.

Imagen 90. Banda transportadora Flow-Pack



Fuente: INTERTEC SAS.

Imagen 91. Espaciadores banda transportadora



Fuente: INTERTEC SAS.

6.7 ESQUEMA ELECTRONEUMÁTICO DE LA MÁQUINA

Para implementar el sistema de control de la máquina, no se selecciona un PLC, porque solo tenemos un cilindro, se implementa un tablero de control mostrado en la imagen 92.

Imagen 92. Tablero de control



Fuente: Elaboración propia.

Se tiene en cuenta que elementos se necesitan en el proceso, para la remoción de rebaba y limpieza del aplicador.

Se necesitan los siguientes elementos:

- Sensor capacitivo, se utiliza para que reaccione cuando pase el aplicador frente a la superficie activa, accionando el cilindro neumático.

Se utiliza otro para que controle la salida de aire por la boquilla, en el sistema de limpieza.

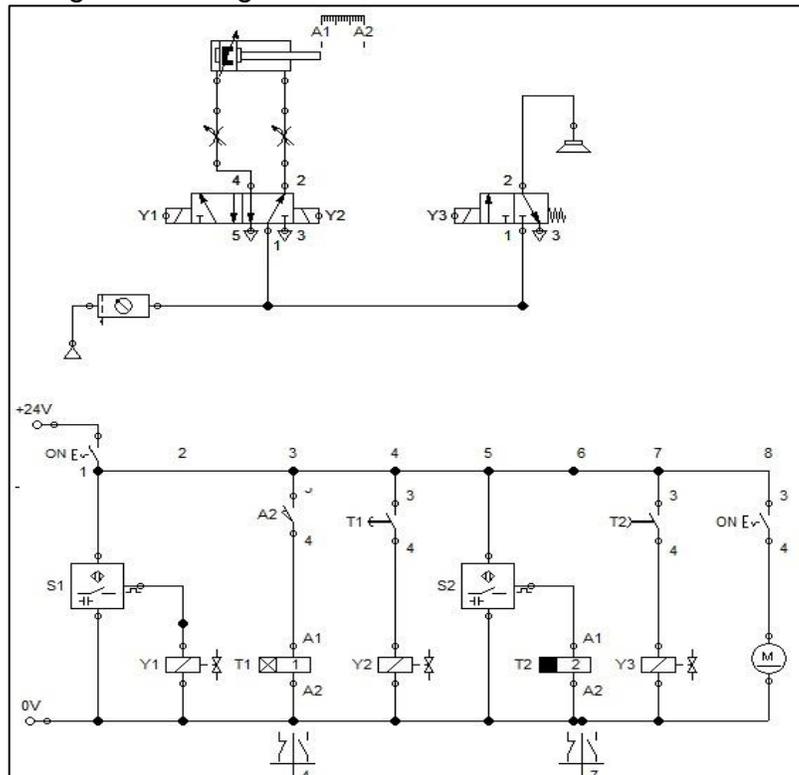
- Cilindro neumático, es el encargado de desplazarse hasta el aplicador y quitar la rebaba, por medio de su punta en lija.
- Manguera neumática, utilizada para la limpieza después de la remoción de rebaba, en su punta lleva una boquilla, la cual suministra el aire necesario, cuando le mande la señal el sensor.

Se puede analizar en la imagen 91, el plano electro neumático de la máquina, y se aprecian las conexiones de válvulas, manguera neumática, actuador neumático y los sensores.

El actuador neumático o cilindro, está asociado con una posición, salir cuando lo activa el sensor y desplazarse hacia adentro cuando transcurra 1s de contacto con el aplicador.

Se necesita de otro sensor para la regulación de aire de la manguera de limpieza.

Imagen 93. Imagen Plano electro neumático



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el cálculo de consumo de aire requerido por el sistema, se requiere conocer cuánto aire debe poseer para accionar el cilindro, se hace con el siguiente cálculo.

Se calcula el volumen requerido para una carrera del pistón,

$$V_c = \frac{\pi}{4} * D^2 * L = \frac{\pi}{4} * (0,8 \text{ cm})^2 * 2,5 = 1,26 \text{ cm}^3$$

Consumo de aire

$$Q = 2 * \left(\frac{0,987 + P_{\text{aire}}(\text{bar})}{0,987} * V_c \right)$$

$$Q = 2 * \left(\frac{0,987 + 2}{0,987} * 1,26 \text{ cm}^3 \right)$$

$$Q = 7,63 \text{ cm}^3$$

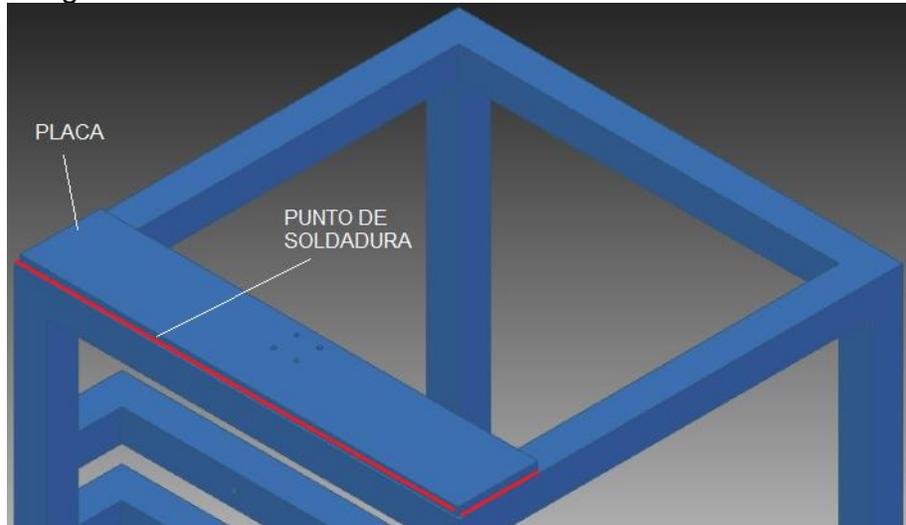
El sistema consume un total de aire comprimido de 7,63 cm³/min, más el consumo de aire del Mototool es de 113.166 cm³/min.

$$\text{consumo aire} = 7,63 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} + 113.166 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 113.173,63 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

6.8 SOLDADURA DEL PUNTO CRÍTICO

El punto más crítico que se presenta en la estructura es la unión de la placa que sostiene el cilindro neumático como se muestra en la imagen 94.

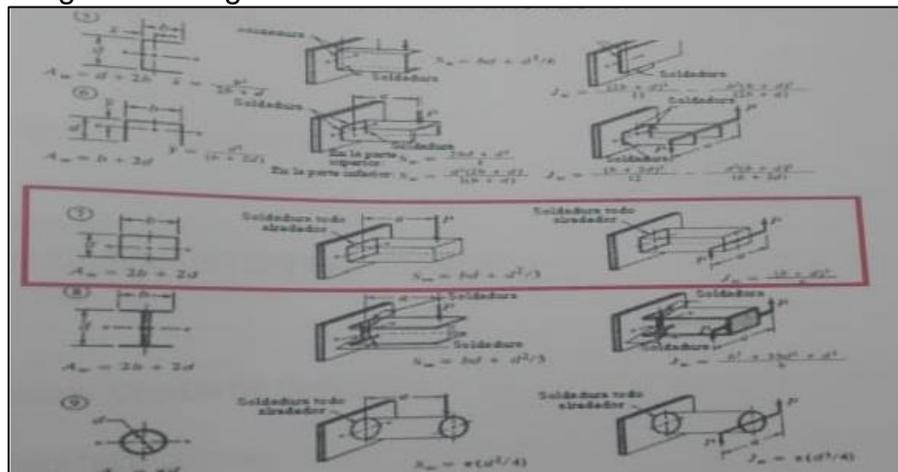
Imagen 94. Puntos de soldadura



Fuente: Elaboración propia.

Esta placa soporta una carga de 8,2 N que corresponde al peso total del cilindro y el mototool seleccionado, los puntos de soldadura de este tramo son tres.

Imagen 95. Cargas sobre soldadura



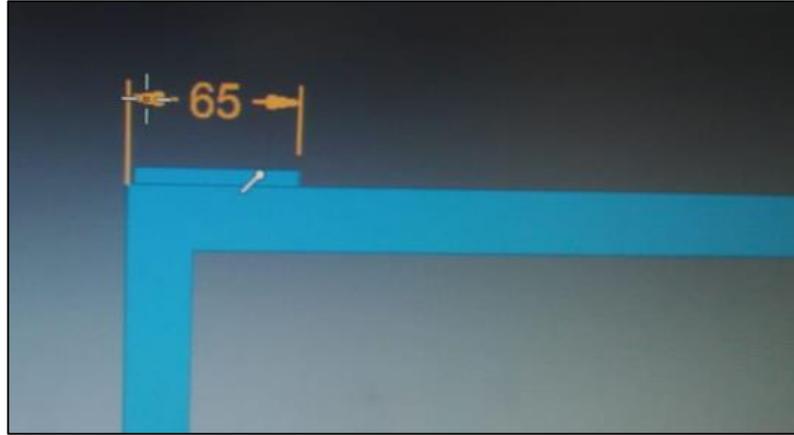
Fuente: Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México: Pearson educación, 2006.

Para este caso se seleccionó el caso número tres de la imagen 95 del libro de diseño de elementos de máquinas, donde aportan los parámetros necesarios para determinar la soldadura.

Para conocer la fuerza que actúa sobre la soldadura es necesario conocer los factores geométricos A_w y S_w .

$$A_w = 2b$$

Imagen 96. Longitud del tramo b



Fuente: Elaboración propia.

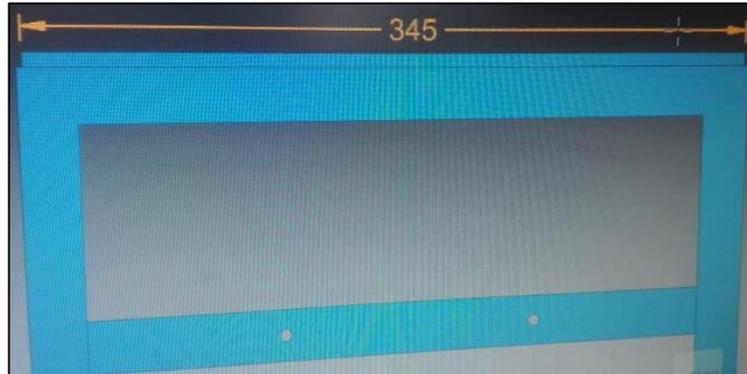
En la imagen 96 se observa el valor de b que es igual a 65 mm, dicho esto, se reemplaza el valor en la anterior ecuación.

$$A_w = 2 * (65 \text{ mm})$$

$$A_w = 130 \text{ mm}$$

Se procede a calcular el valor geométrico de S_w , para esto es necesario conocer el valor del tramo largo donde ira ubicada la soldadura.

Imagen 97. Longitud del tramo d



Fuente: Elaboración propia.

$$S_w = b * d$$

$$S_w = 65 \text{ mm} * 345 \text{ mm}$$

$$S_w = 22.425 \text{ mm}^2$$

Con los valores obtenidos de A_w y S_w se procede a calcular la carga a la que está sometida la soldadura.

Teniendo en cuenta el tipo de carga que se presenta en ese punto se analiza por flexión, en este caso la ecuación a utilizar es

$$f = \frac{P}{A_w}$$

Donde:

P = Fuerza que soporta el sistema

$$f = \frac{8,2 \text{ N}}{0,13 \text{ m}} = 0,06 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Se obtiene que la carga que soporta la soldadura es de $0,06 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Según la especificación de la norma AWS 5.4 de soldaduras para acero inoxidable 304, se selecciona un electrodo de 308 L, dicho esto y usando la relación entre esfuerzo cortante admisible y fuerza sobre la línea de soldadura se determina el tamaño del cordón.

$$\tau = 0,7 * 620 \text{ MPa}$$

$$\tau = 434 \text{ Mpa}$$

$$w = \frac{f}{\text{esfuerzo admisible}}$$

$$w = \frac{0,06 \frac{\text{N}}{\text{m}}}{310 \text{ MPa}} = 1,93 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

Imagen 98. Tamaño chaflán de soldadura

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1 \frac{1}{2}$	5/16
$> 1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2}$	3/8
$> 2 \frac{1}{2} - 6$	1/2
> 6	5/8

Fuente: Fuente: Robert L. Mott, P.E. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México: Pearson educación, 2006. Pág. 787.

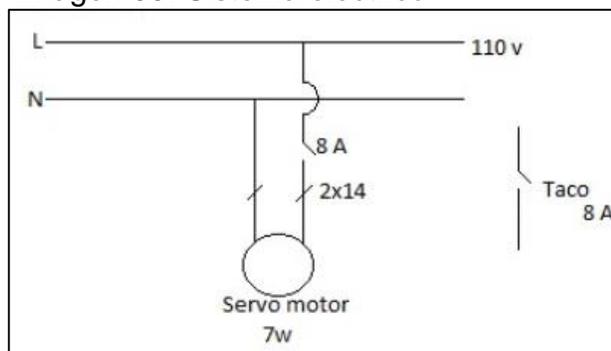
En base de los resultados obtenidos anteriormente, el tamaño de la soldadura se elige como mínimo de 3/16 pulgada para esta sección soldada como se muestra en la imagen 98 y se aplica este tamaño para todas las demás soldaduras que tenga esta máquina, seleccionando así un electrodo 308 L de diametro 1/8 pulgada (ver anexo S).

6.9 DIAGRAMA ELECTRICO

En la imagen 99, se indica que se conecta a una fuente eléctrica, para un funcionamiento del servomotor.

De acuerdo con la corriente se alambra con cable dúplex de 2x14.

Imagen 99. Sistema eléctrico



Fuente: Elaboración propia.

7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El método que se utiliza para el análisis estructural, es el método de distribución de momentos para marcos indeterminados de Hardy Cross, ya que las ecuaciones de estática resultan insuficientes para determinar todas las fuerzas internas o reacciones.

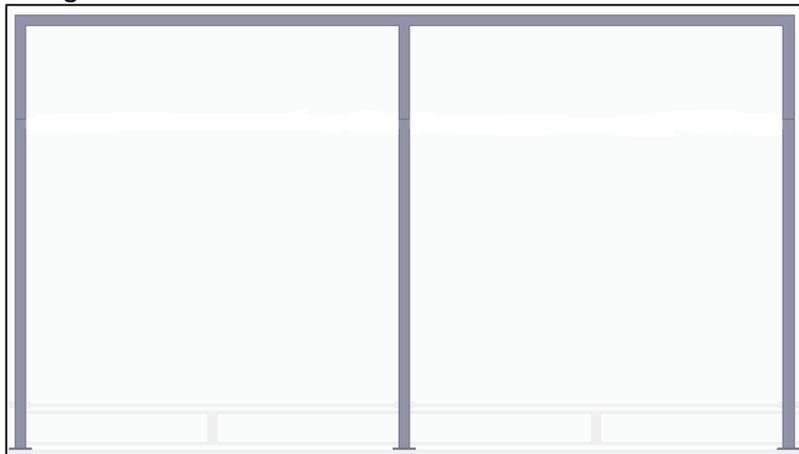
Este método es de aproximaciones, donde se comienza suponiendo que cada junta de la estructura esta fija. Luego al liberar y bloquear cada junta de manera sucesiva, los momentos de las juntas se distribuyen y equilibran, hasta que las juntas giran a sus posiciones finales.

El procedimiento es:

1. Definir nodos (A, B, C, D, etc...).
2. Definir los tramos (AB, BA, BC, CB).
3. Empotrar todos los nodos interiores.
4. Determinar los factores de rigidez de cada tramo (K).
5. Determinar los coeficientes de distribución de momento (CD).
6. Calcular los momentos de empotramiento (ME).
7. Equilibrio y distribución de los nodos (E y D).
8. Transportar dentro del mismo tramo.
9. Calcular reacciones de los apoyos.
10. Diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

En la Imagen 100, se muestra la estructura diseñada para el sub-sistema de alimentación. Se analiza esta parte de la estructura teniendo en cuenta que es donde se presenta el mayor esfuerzo.

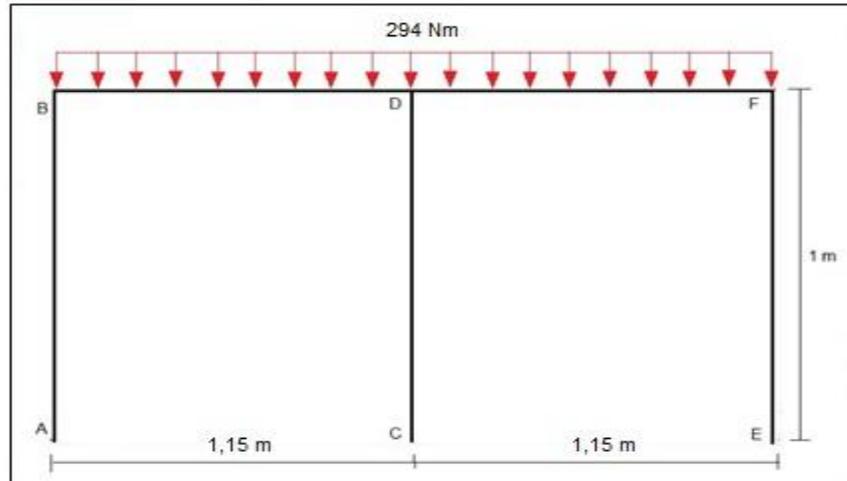
Imagen 100. Vista lateral de la estructura



Fuente: Elaboración propia.

1. Se hace el diagrama de cuerpo libre, y se definen los nodos como se muestra en la Imagen 101. En esta se ubica la carga distribuida en la parte superior, que está representada por la parte de alimentación de la máquina. También sus dimensiones y se definen los nodos.

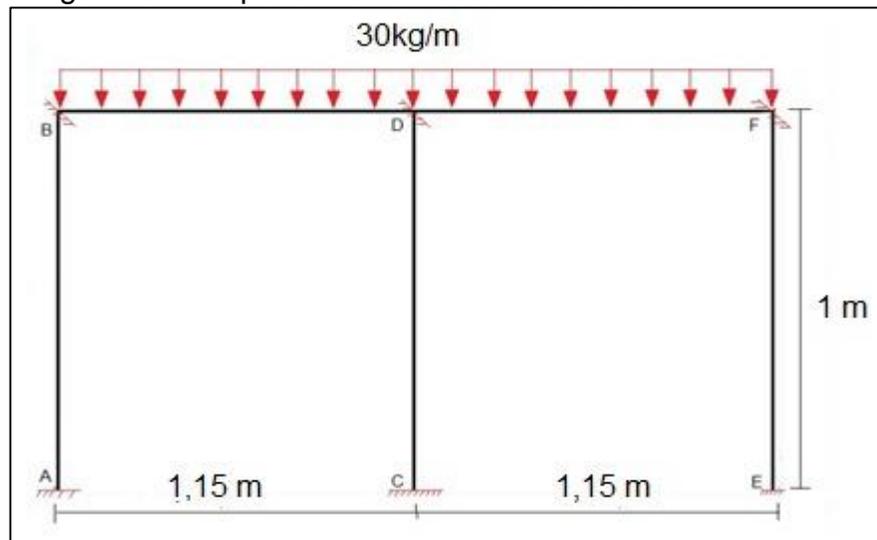
Imagen 101. Diagrama de cuerpo libre de la estructura



Fuente: Elaboración propia.

2. Los tramos a analizar son: AB, BA, BD, DB, DC, CD, DF, FD, FE, EF.
3. Se empotran los nodos interiores como se muestra en la Imagen 102.

Imagen 102. Empotramiento nodos interiores



Fuente: Elaboración propia.

4. Factores de rigidez

Como toda la estructura es del mismo material y la misma geometría, su punto de inercia (I) y módulo de elasticidad (E), son constantes. Como los extremos son fijos, la ecuación a utilizar es:

$$K = \frac{1}{L}$$

Dónde:

K= Factor de rigidez.

L= Longitud del tramo.

$$K_{AB} = \frac{1}{1 \text{ m}} = 1 \text{ m}^{-1}, \text{ los factores } K_{AB} = K_{BA}$$

$$K_{BD} = \frac{1}{1,15 \text{ m}} = 0,87 \text{ m}^{-1}, \text{ los factores } K_{BD} = K_{DB}$$

$$K_{DC} = \frac{1}{1 \text{ m}} = 1 \text{ m}^{-1}, \text{ los factores } K_{DC} = K_{CD}$$

$$K_{DF} = \frac{1}{1,15 \text{ m}} = 0,87 \text{ m}^{-1}, \text{ los factores } K_{DF} = K_{FD}$$

$$K_{EF} = \frac{1}{1 \text{ m}} = 1 \text{ m}^{-1}, \text{ los factores } K_{EF} = K_{FE}$$

5. Coeficientes de distribución de momentos (CD)

Cuando se aplica un momento a una junta conectada fijamente, cada elemento conectado proporciona una parte de resistencia a este momento, para satisfacer el equilibrio de momentos en cada junta. Ese valor de momento de resistencia total suministrada por el elemento se llama coeficiente de distribución. A continuación se muestra la formula a manejar.

$$CD_{AB} = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{\text{muro}}} = \frac{1 \text{ m}^{-1}}{1 \text{ m}^{-1} + \infty} = 0$$

Como en teoría se necesitaría un momento de tamaño ∞ para hacer que la pared girara un radian, por eso el factor de rigidez de la pared es ∞ .

$$CD_{BA} = \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{BD}} = \frac{1 \text{ m}^{-1}}{1 \text{ m}^{-1} + 0,87 \text{ m}^{-1}} = 0,53$$

$$CD_{BD} = \frac{K_{BD}}{K_{BD} + K_{BA}} = \frac{0,87 \text{ m}^{-1}}{0,87 \text{ m}^{-1} + 1 \text{ m}^{-1}} = 0,46$$

$$CD_{DB} = \frac{K_{DB}}{K_{DB} + K_{DC} + K_{DF}} = \frac{0,87 \text{ m}}{0,87 \text{ m} + 1 \text{ m} + 0,87 \text{ m}} = 0,32$$

$$CD_{DC} = \frac{K_{DC}}{K_{DC} + K_{DB} + K_{DF}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} + 0,87 \text{ m} + 0,87 \text{ m}} = 0,36$$

$$CD_{CD} = \frac{K_{CD}}{K_{CD} + K_{muro}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} + \infty} = 0$$

$$CD_{DF} = \frac{K_{DF}}{K_{DF} + K_{DB} + K_{DC}} = \frac{0,87 \text{ m}}{0,87 \text{ m} + 0,87 \text{ m} + 1 \text{ m}} = 0,32$$

$$CD_{FD} = \frac{K_{FD}}{K_{FD} + K_{FE}} = \frac{0,87 \text{ m}}{0,87 \text{ m} + 1 \text{ m}} = 0,46$$

$$CD_{FE} = \frac{K_{FE}}{K_{FE} + K_{FD}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} + 0,87 \text{ m}} = 0,53$$

$$CD_{EF} = \frac{K_{EF}}{K_{EF} + K_{muro}} = \frac{1 \text{ m}}{1 \text{ m} + \infty} = 0$$

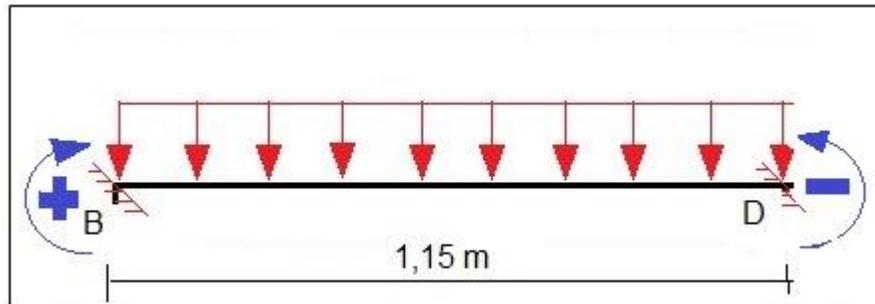
6. Momentos de empotramiento (ME)

Se determina el momento necesario para poner cada junta en equilibrio y se establece la convención de signos, en sentido horario, se consideran positivo, y los momentos en sentido anti-horario negativo, como se muestra en la Imagen 103 y 104.

Para calcular los momentos de empotramiento, se utiliza la ecuación de empotramiento a ambos lados, con carga distribuida.

El peso distribuido en la vida es de 294 N/m.

Imagen 103. Momento de empotramiento primer tramo



Fuente: Elaboración propia.

$$M_B = \frac{qL^2}{12} = \frac{\left(147 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) (1,15 \text{ m})^2}{12} = 16,2 \text{ Nm}$$

Dónde:

M_B = Momento en el nodo B

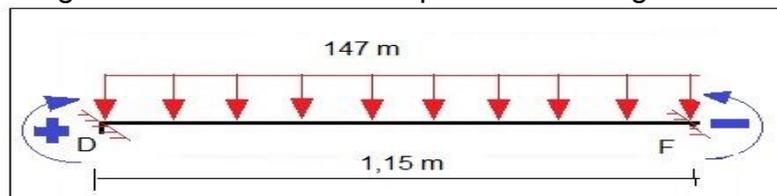
q = Carga

L = Longitud del tramo

$$M_D = -\frac{qL^2}{12} = -\frac{\left(147 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) (1,15 \text{ m})^2}{12} = -16,2 \text{ Nm}$$

Teniendo los dos momentos en cada nodo del primer tramo, se procede a calcular los del segundo tramo, como muestra la imagen 104.

Imagen 104. Momento de empotramiento segundo tramo



Fuente: Elaboración propia.

$$M_D = \frac{qL^2}{12} = \frac{\left(147 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) (1,15 \text{ m})^2}{12} = 16,2 \text{ Nm}$$

$$M_F = -\frac{qL^2}{12} = -\frac{\left(147 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) (1,15 \text{ m})^2}{12} = -16,2 \text{ Nm}$$

7. Se procede a realizar una tabla con los datos obtenidos, para hacer el siguiente paso, que es distribución y equilibrio de los nodos.

Cuadro 1. Procedimiento para los momentos de la estructura

Nodo	A	B	D			F		E	C	
Tramo	AB	BA	BD	DB	DC	DF	FD	FE	EF	C
CD	0	0,53	0,46	0,32	0,36	0,32	0,46	0,53	0	0
ME	/	/	16,2	-16,2	/	16,2	-16,2	/	/	/
E y D	/	-8,6	-7,4	/	/	/	7,4	8,6	/	/
T	-4,3	/	0	-3,7	0	3,7	/	/	4,3	/
$\sum M$	-4,3	-8,6	8,8	-19,9	0	19,9	-8,8	8,6	4,3	0

Fuente: Elaboración propia.

Luego de llenar con los datos obtenidos, se hacen los siguientes cálculos.

Para distribuir los momentos se va a bloquear y a liberar las juntas, con el fin de permitir que los momentos en las juntas, se distribuyan y equilibren.

Se empieza por suponer que la junta B está fija o bloqueada. Entonces el momento de extremo fijo en B, contiene el tramo BA y BD en posición fija. Para representar el equilibrio en B, los momentos en cada lado de este nodo, deben ser iguales pero opuestos. Para esto se aplicará un momento igual pero opuesto de $-16,2 \text{ Nm}$ al nodo, y así se permite que gire libremente. Como resultado, las porciones de este momento se distribuyen en los tramos BA y BD, de acuerdo con los coeficientes de distribución de los tramos.

$$E \text{ y } D \text{ en BA} = -16,2 \text{ Nm} * 0,53 = -8,6 \text{ Nm}$$

$$E \text{ y } D \text{ en BD} = -16,2 \text{ Nm} * 0,46 = -7,4 \text{ Nm}$$

Se repite el mismo procedimiento en el nodo F, donde se empieza bloqueando o fijando. Y se obtienen los siguientes datos.

$$E \text{ y } D \text{ en FD} = 16,2 \text{ Nm} * 0,46 = 7,4 \text{ Nm}$$

$$E \text{ y } D \text{ en FE} = 16,2 \text{ Nm} * 0,53 = 8,6 \text{ Nm}$$

8. Transporte en el tramo

Debido a la rotación libre en B, estos momentos deben trasladarse, puesto que estos se desarrollan en los extremos del tramo conectado. Aplicando un factor de traslado de $\frac{1}{2}$, los resultados son los siguientes.

$$T \text{ a AB} = \frac{-8,6 \text{ Nm}}{2} = -4,3 \text{ Nm}$$

$$T \text{ a DB} = \frac{-7,4 \text{ Nm}}{2} = -3,7 \text{ Nm}$$

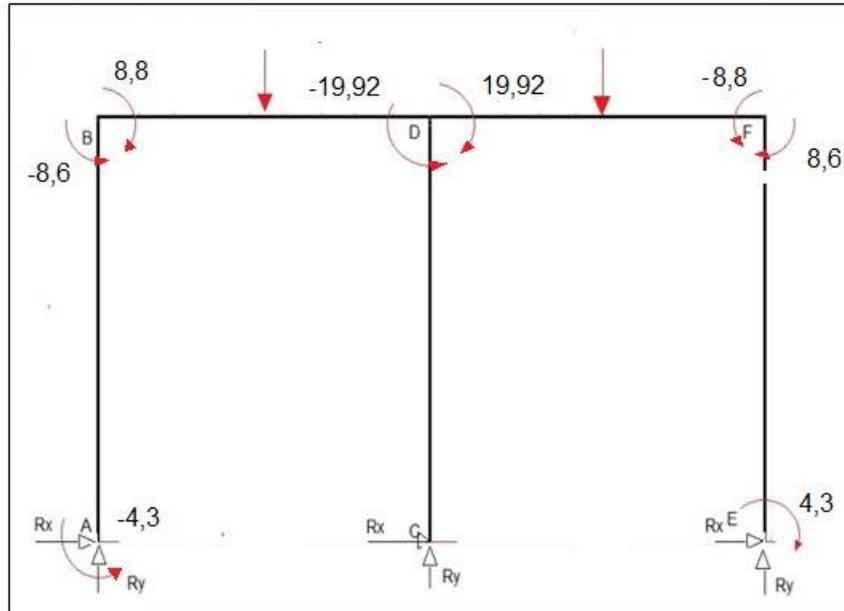
$$T \text{ a DF} = \frac{7,4 \text{ Nm}}{2} = 3,7 \text{ Nm}$$

$$T \text{ a EF} = \frac{8,6 \text{ Nm}}{2} = 4,3 \text{ Nm}$$

En este caso sólo se necesita un ciclo de distribución de momentos, puesto que los soportes en la pared A, C y E, absorben los momentos, y no debe equilibrarse ningún nodo adicional, para satisfacer el equilibrio de la junta.

9. Por último se hace una sumatoria de los momentos de cada junta, obteniendo los resultados de la fila inferior del cuadro 1. Se ubican estos resultados en la Imagen 105, que se muestra a continuación.

Imagen 105. Diagrama de cuerpo libre final

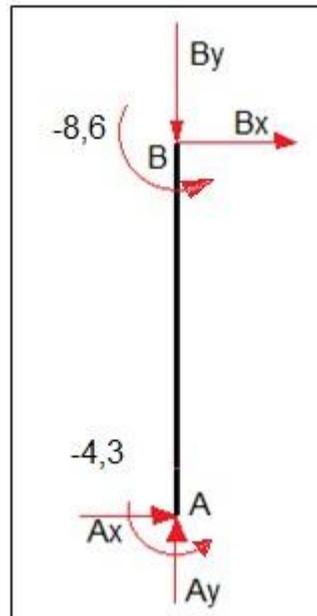


Fuente: Elaboración propia.

Para obtener los resultados de las reacciones de los apoyos, se analiza cada tramo independientemente, como se muestra en la imagen 106.

Tramo AB

Imagen 106. Tamo AB



Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos de la Imagen 106, se plantean las ecuaciones de sumatorias de fuerzas en X y Y, así como de momentos.

$$\sum M_A = 0$$

$$4,3 \text{ Nm} + 8,6 \text{ Nm} - (B_{xI} * 1 \text{ m}) = 0$$

$$B_{xI} = 12,9 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$A_x + B_x = 0$$

$$A_x = -12,9 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

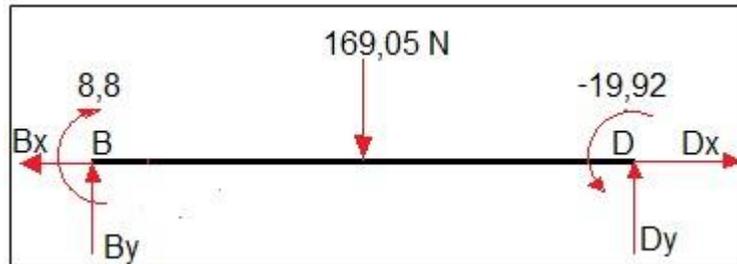
$$A_y - B_y = 0$$

$$A_y = 239,9 \text{ N}$$

Tramo BD

Con los datos de la Imagen 107, se plantean las ecuaciones de sumatorias de fuerzas en X y Y, así como de momentos.

Imagen 107. Tramo BD



Fuente: Elaboración propia.

$$\sum M_B = 0$$

$$19,9 \text{ Nm} - 8,75 \text{ Nm} - (169,05 \text{ N} * 0,575 \text{ m}) + (D_y * 1,15 \text{ m}) = 0$$

$$D_{yI} = 74,87 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$D_{yI} + B_y - 169,05 \text{ N} = 0$$

$$B_y = 94,18 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

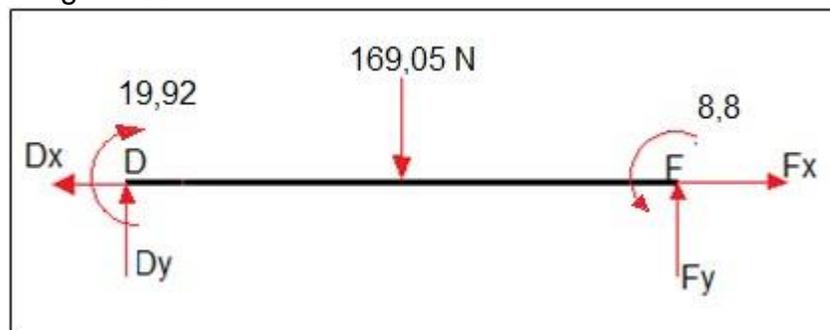
$$D_{xI} - B_{xD} = 0$$

$$D_{xI} = 12,9 \text{ N}$$

Tramo DF

Con los datos de la Imagen 108, se plantean las ecuaciones de sumatorias de fuerzas en X y Y, así como de momentos.

Imagen 108. Tramo DF



Fuente: Elaboración propia.

$$\sum M_D = 0$$

$$8,8 \text{ Nm} - 19,2 \text{ Nm} - (169,05 \text{ N} * 0,575 \text{ m}) + (F_{yD} * 1,15 \text{ m}) = 0$$

$$F_{yD} = 93,6 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$D_{yD} + F_{yD} - 169,05 \text{ N} = 0$$

$$D_{yD} = 75,4 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

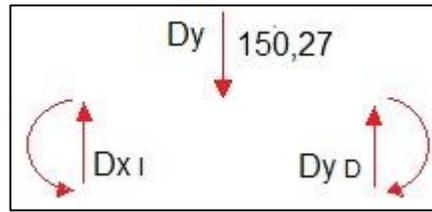
$$F_{xI} - D_{xD} = 0$$

$$F_{xI} = 12,9 \text{ N}$$

Diferencial de área en D

Se hace un equilibrio en el nodo D, ya que tiene varios esfuerzos.

Imagen 109. Diferencial de área en D



Fuente: Elaboración propia.

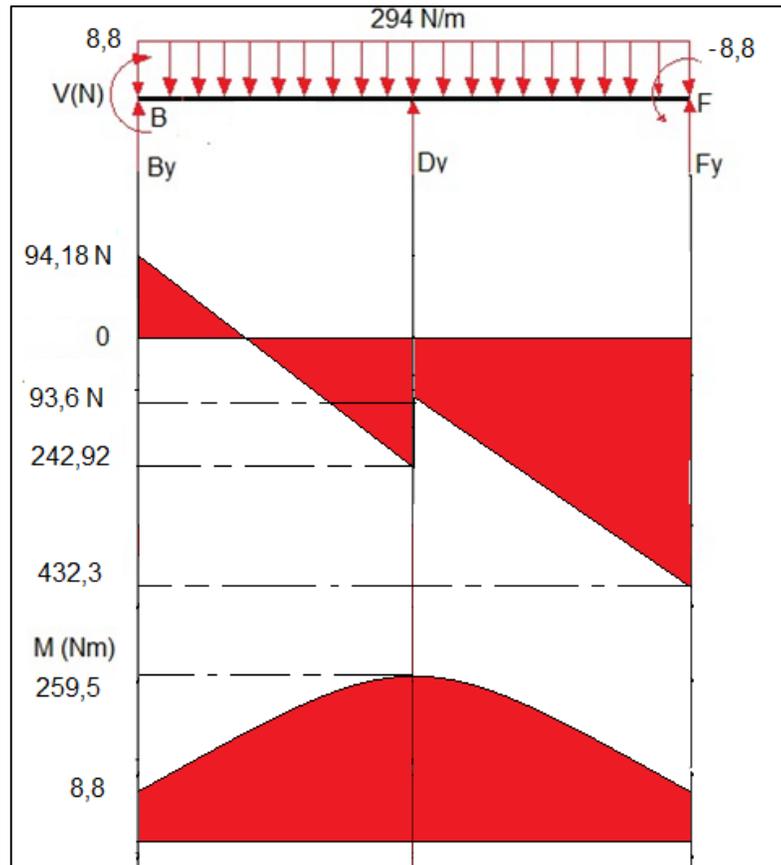
$$\sum F_y = 0$$

$$D_{yI} + D_{yD} - D_y = 0$$

$$D_y = -150,27 \text{ N}$$

10. Los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector, se pueden observar en la Imagen 110.

Imagen 110. Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar si el perfil cuadrado seleccionado (25 mm*25 mm) cumple con el análisis, se debe comprobar que el esfuerzo calculado debe ser menor al esfuerzo permisible.

$$\sigma_{\text{cal}} = \frac{MC}{I}$$

Donde;

M = Máximo momento de flexión

C = Distancia del eje neutro a la fibra más alejada

I = Momento de inercia

$$\sigma_{\text{cal}} = \frac{(259,5 \text{ Nm})(0,0125 \text{ m})}{\left(\frac{1}{12} 0,025 \text{ m} * 0,025 \text{ m}^3\right)} = 62,3 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo permisible:

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{\sigma_{\text{falla}}}{N}$$

Donde;

σ_{per} = Esfuerzo permisible

σ_{falla} = Resistencia a la fluencia

N = factor de diseño¹¹ (N = 2)

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{310 \text{ MPa}}{2} = 155 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{cal}} = 62,3 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{per}} = 155 \text{ MPa.}$$

Debido a que las cargas que soporta la viga son mínimas con respecto a su límite de fluencia, el perfil seleccionado cumple con los requisitos para los cuales será utilizado.

7.1 ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DE LA ESTRUCTURA

En el documento se escoge el elemento que se considera más crítico en la estructura de procesos y se analizara la estructura de alimentación.

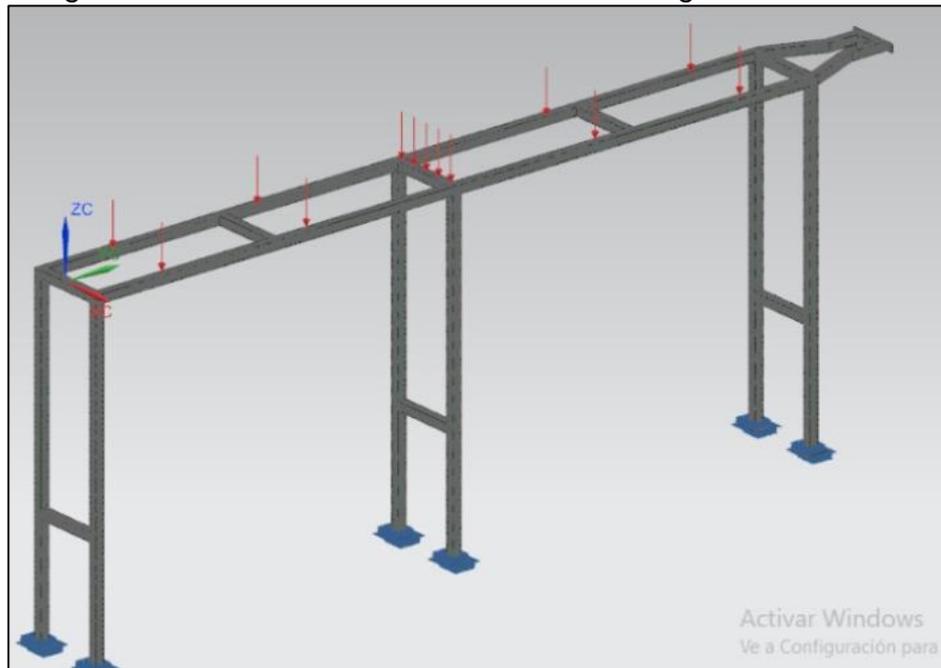
El análisis por elemento finito permite analizar por medio de un modelo en CAD los esfuerzos y desplazamientos que son difíciles de identificar analíticamente. En este caso se analizara el comportamiento de la estructura de alimentación ya que es el elemento sometido a la mayor carga, para el análisis se utilizó el software NX de Siemens.

Análisis de la estructura de alimentación

La estructura de alimentación cuenta con 6 columnas de perfil cuadrado y 2 vigas que se apoyan sobre las columnas, estas vigas son las que soportan las cargas máximas del sistema, como se puede observar en la imagen 111, la carga es distribuida sobre toda la superficie con el fin de analizar el comportamiento de las vigas y columnas.

¹¹Mott, Robert. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: PEARSON Educación. P 189

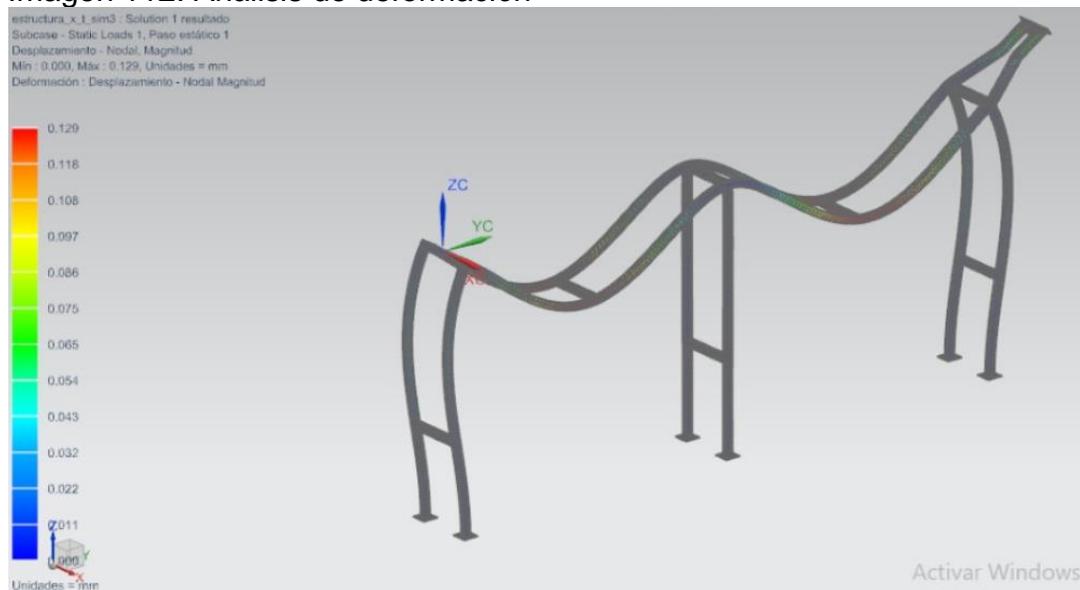
Imagen 111. Estructura de alimentación con carga distribuida



Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis de esfuerzos se evidencia que la deformación máxima que sufre la estructura es de 0,129 mm situada en las vigas como se muestra en la imagen 112, esta deformación no es significativa teniendo en cuenta el material escogido y la robustez.

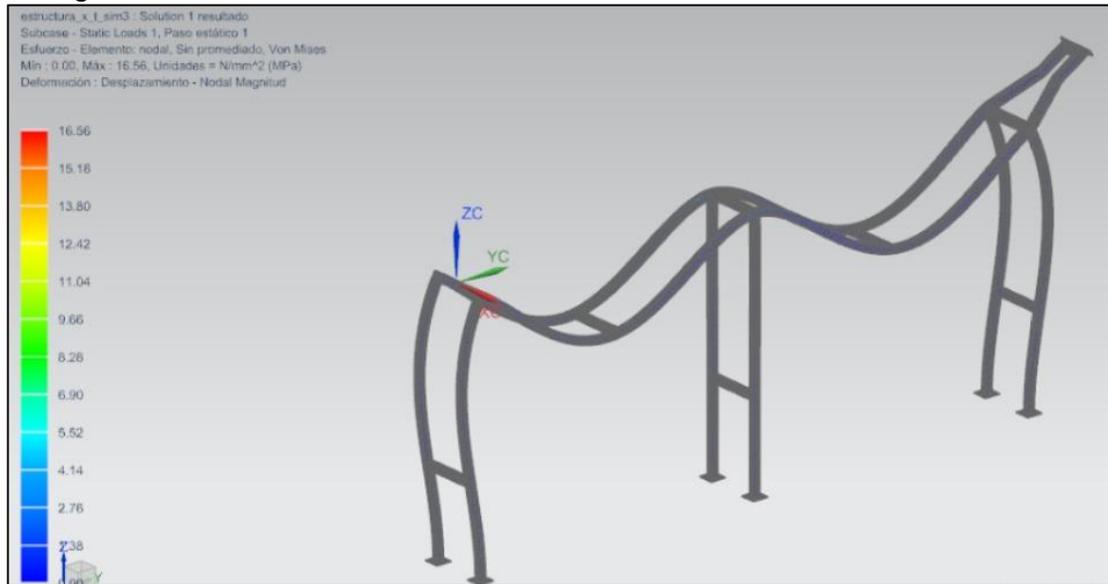
Imagen 112. Análisis de deformación



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el factor de seguridad se relaciona el esfuerzo máximo al que está sometida la estructura y la resistencia a la fluencia del material seleccionado, en este caso acero inoxidable 304 con una resistencia a la fluencia de 310 MPa

Imagen 113. Análisis de esfuerzos



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 113 se observa que el esfuerzo máximo es de 16,56 MPa, con este valor obtenido mediante el software se determina el factor de seguridad de la estructura.

$$F.S = \frac{310 \text{ MPa}}{16,56 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 18,71$$

El factor de seguridad obtenido es de 18,71, el factor de seguridad es elevado teniendo en cuenta las cargas a las que está sometida la estructura son relativamente bajas en comparación de su capacidad de resistencia, otro punto a tener en cuenta es el tipo de perfil que se escogió, en este caso el perfil cuadrado le brinda a la maquina equilibrio y rigidez.

8. MANUALES

El correcto funcionamiento de la máquina depende de un buen montaje, operación y del mantenimiento al que esté sometida.

Se recomienda seguir cuidadosamente estos manuales ya que de esto depende la funcionalidad y mantenimiento de la misma.

8.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

Para el montaje de la máquina se recomienda seguir paso a paso este manual, bien sea por personal capacitado o supervisado en el proceso.

Antes de realizar el montaje de la máquina revisar el listado de piezas que la componen.

8.1.1 Listado de piezas

Tabla 4. Lista de elementos

N°	Elemento
1	Perfil cuadrado 25 mm X 25 mm X 6 m acero inoxidable 304
2	Perfil cuadrado 20 mm x 20 mm x 6 m acero inoxidable 304
3	Lamina 100 cm x 200 cm cal 14 acero inoxidable 304
4	Lamina 100 cm x 200 cm cal 16 acero inoxidable 304
4	Lamina <u>Ultrapol</u> 30 cm x 61 cm cal 12
5	Lamina <u>Ultrapol</u> 30 cm x 61 cm cal 38
6	Tornillo M6x35
8	Cilindro neumático
9	<u>Mototool</u> neumático
10	Tornillo M6x25
11	Tornillo M6x20
12	Tornillo M6x10
13	Tornillo M6x60
14	Tornillo Bristol M6x25
15	Tornillo M4x10
16	Servo motor
17	Rodamiento FY 1 TF
18	Eje de transmisión
19	Prisionero M6x20
20	Chaveta cuadrada disco SAE 1020

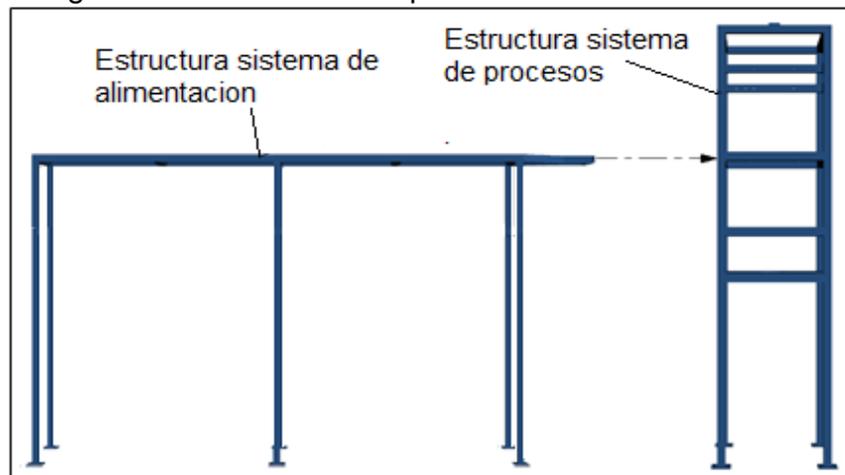
Tabla 4. (Continuación). Lista de elementos

N°	Elemento
21	Acople flexible 50x14x14
22	Chaveta cuadrada motor AISI 1020
23	Abrazaderas
24	Platina de aluminio 50 cm x 30 cm
25	Sensor capacitivo
26	Manguera 4 m
27	Boquilla con filtro
28	Caucho nitrilo 1 m

Una vez con las piezas completas se procede al montaje de la máquina siguiendo los siguientes pasos.

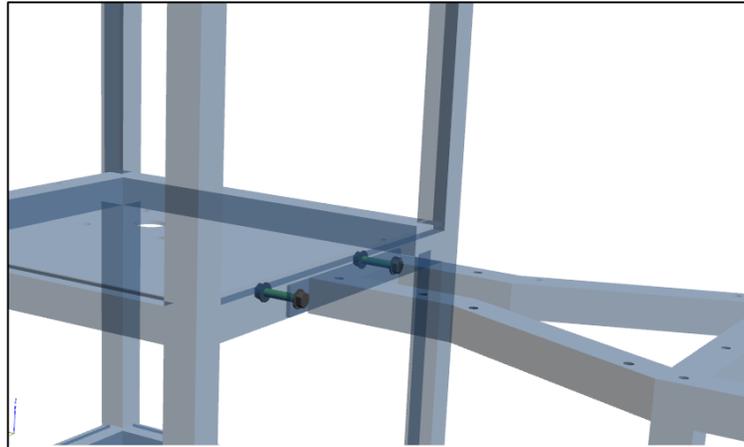
Lo primero es encajar la estructura del sistema de alimentación con la estructura del sistema de procesos mediante dos tronillos hexagonales M6x35 con arandela y tuerca, como se muestra en la Imagen 114 y 115.

Imagen 114. Estructura máquina



Fuente: Elaboración propia.

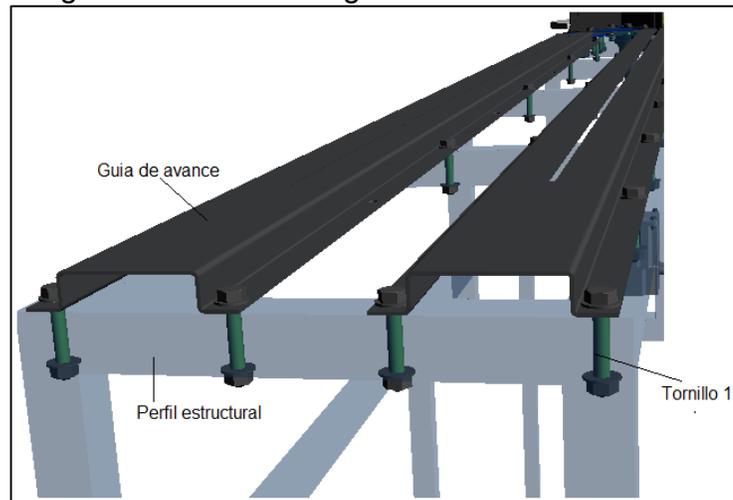
Imagen 115. Ensamble sistema de alimentación y procesos



Fuente: Elaboración propia.

En este paso se ancla la guía de avance mediante tornillo hexagonal M6x35 al perfil estructural cuadrado, como muestra la Imagen 116.

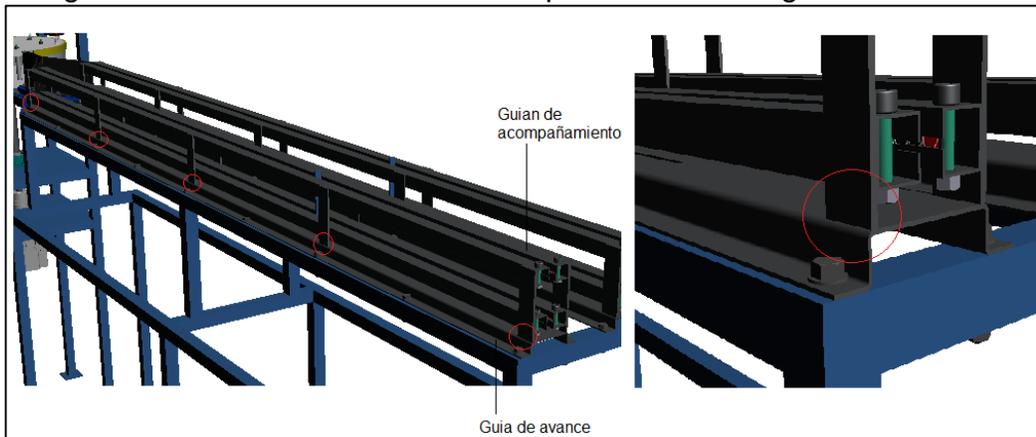
Imagen 116. Ensamble guías a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Ahora se prosigue a anclar la guía de acompañamiento a la guía de avance, como se muestra en la Imagen 117, se recomienda utilizar soldadura manual con electrodo revestido, dado que el acero a soldar es acero inoxidable y este tipo de soldadura es la más utilizada y de fácil aplicación (Anexo J).

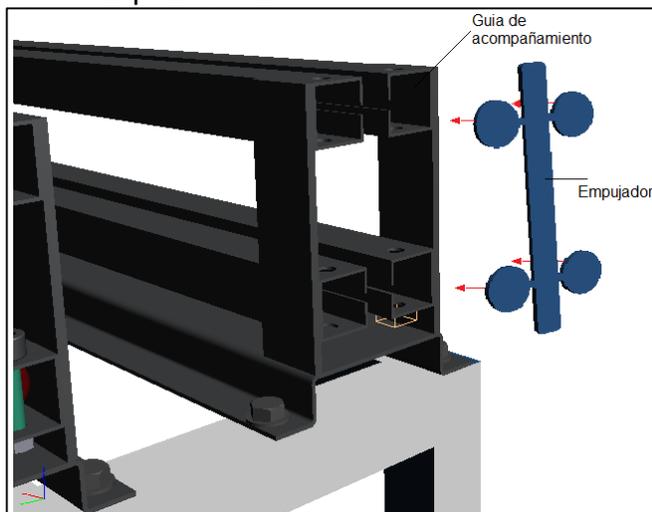
Imagen 117. Ensamble Guía de acompañamiento a la guía de avance



Fuente: Elaboración propia.

Lo siguiente es introducir el empujador dentro de la guía de acompañamiento, como se muestra en la Imagen 118.

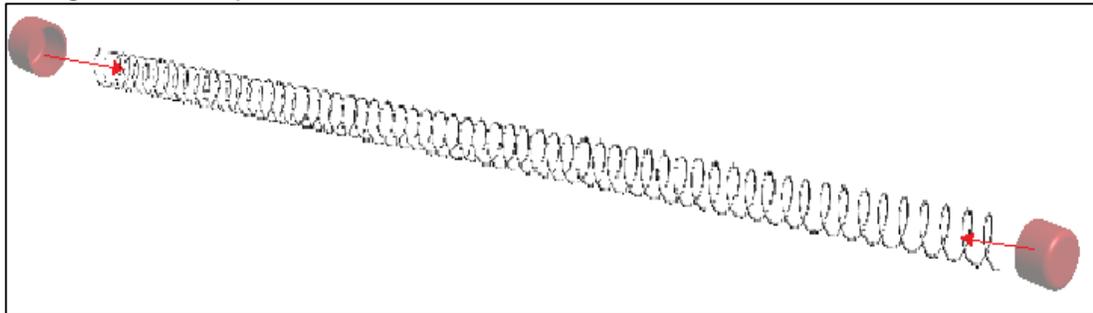
Imagen 118. Ensamble empujador a la guía de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

Antes de introducir los resortes asegúrese de ubicar los tapones en los extremos de cada uno de los resortes como se muestra en la imagen 119.

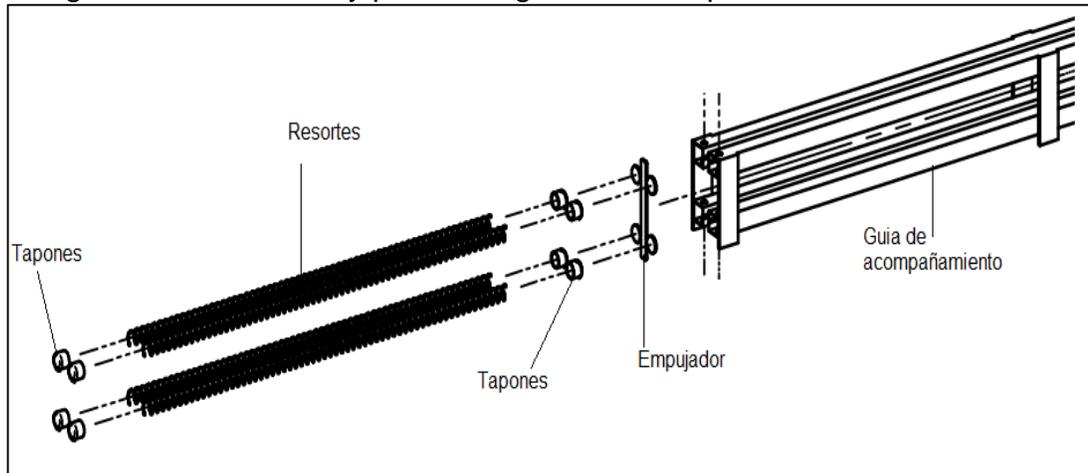
Imagen 119. Tapones en los extremos del resorte



Fuente: Elaboración propia.

Después de asegurar los tapones, se introducen los resortes a la guía de acompañamiento junto al empujador, como se muestra en la Imagen 120.

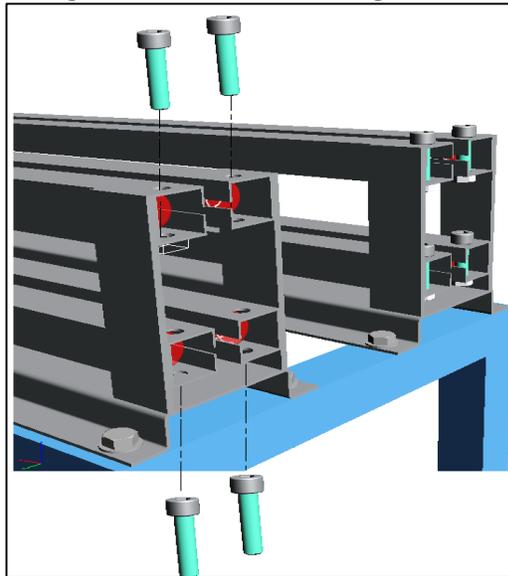
Imagen 120. Ensamble y partes en guía de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

Introduzca los tornillos Bristol M6x35 al final de la guía de acompañamiento, como se muestra en la Imagen 121, ayudado de una llave hexagonal para mayor comodidad, con el fin de asegurar que el resorte se mantenga dentro de la guía de acompañamiento y cumpla con el objetivo de alimentar el sistema de procesos.

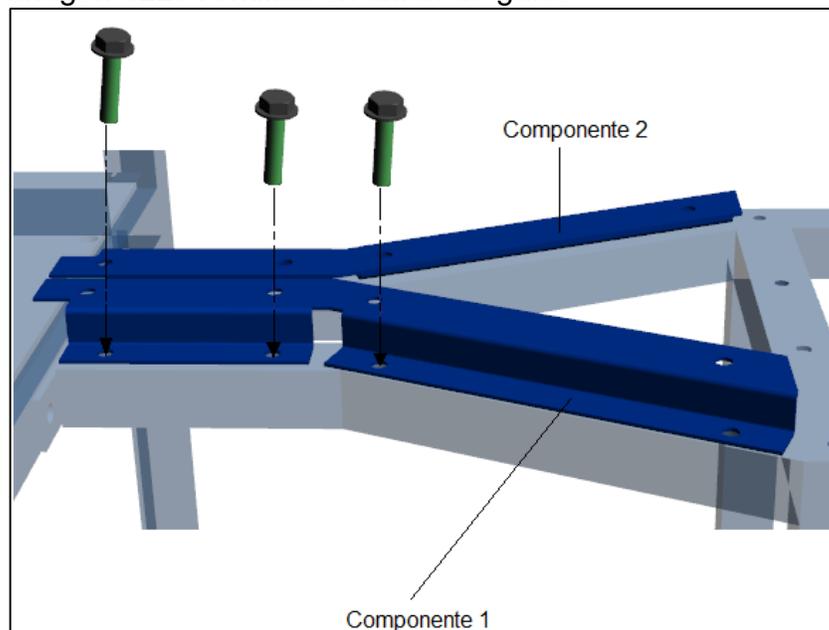
Imagen 121. Tornillos en guías



Fuente: Elaboración propia.

Acople Unión en Y: Anclar guía el componente 1 y el componente 2 a la estructura mediante tornillos Hexagonales M6x35 con la tuerca y arandela, como se muestra en la Imagen 122.

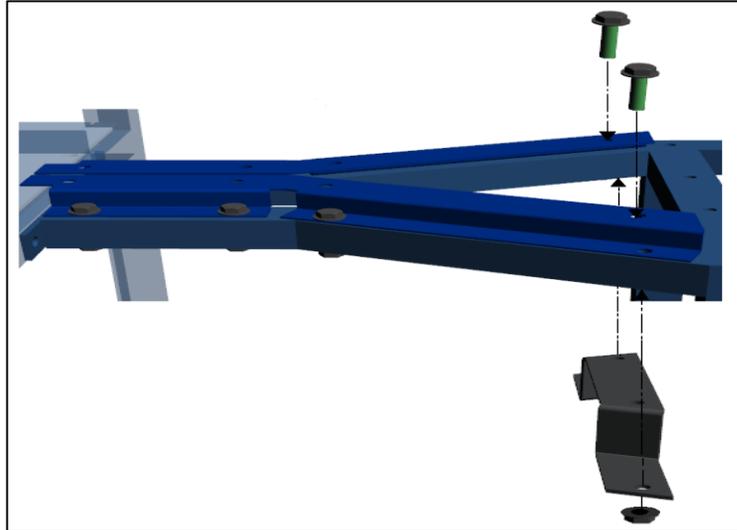
Imagen 122. Tornillos en unión de guías



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se acopla el soporte base por la parte inferior de la estructura mediante tronillos hexagonales M6x35 con las respectivas tuercas y arandelas, como se muestra en la Imagen 123.

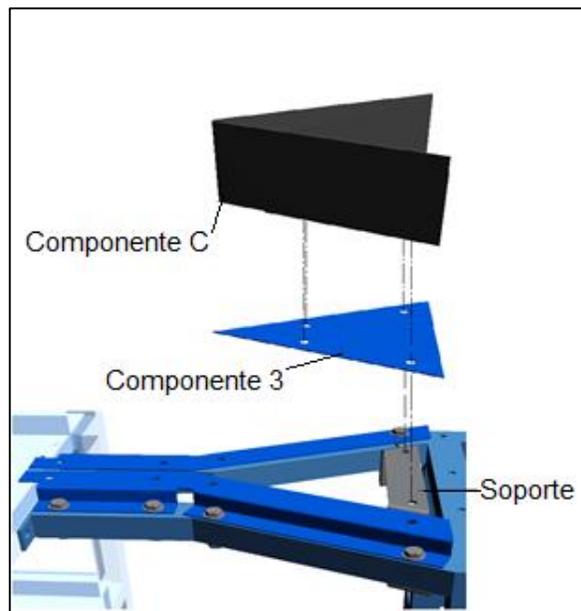
Imagen 123. Ensamble unión de guías



Fuente: Elaboración propia.

Acoplar el triángulo base y la guía interna mediante tornillos Hexagonales M6x15 al soporte base por la parte superior, como se muestra en la Imagen 124.

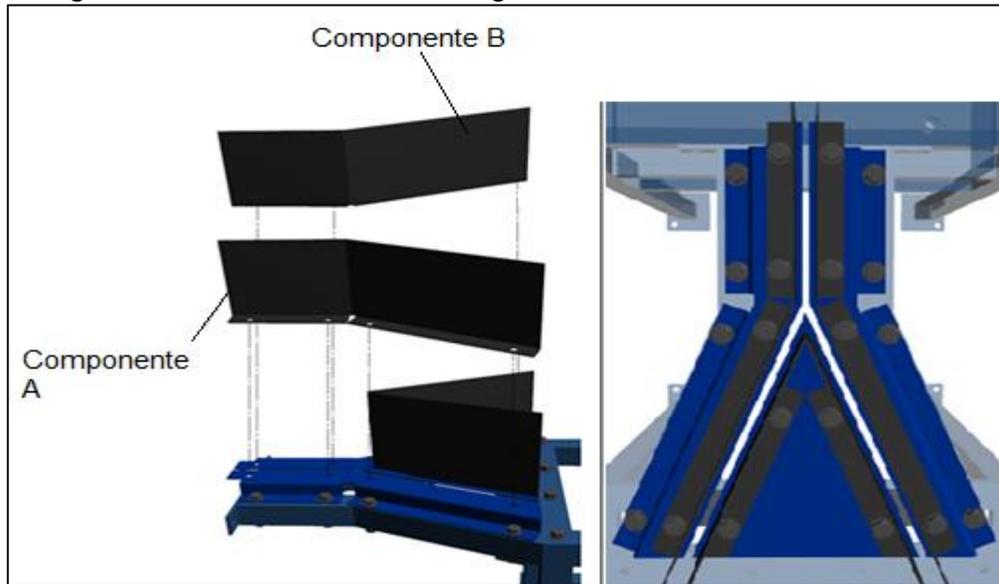
Imagen 124. Ensamble unión de guías en la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Para completar la Unión en "Y", del sistema de alimentación, acoplar el componente A y componente B a la guía de avance, con tornillos Hexagonales M6x15, como se muestra en la imagen 125.

Imagen 125. Vista de la unión de guías

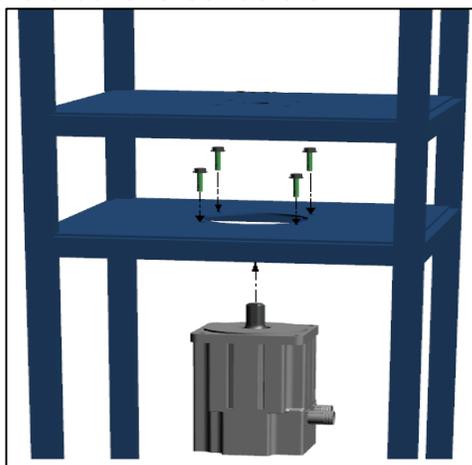


Fuente: Elaboración propia.

Montaje del sistema de procesos.

Fijar el moto-reductor a la estructura por la parte inferior de ella, posteriormente insertar tornillos Hexagonales M6x25, por la parte superior. De esta manera asegurando totalmente el motor a la estructura, como se muestra en la Imagen 126.

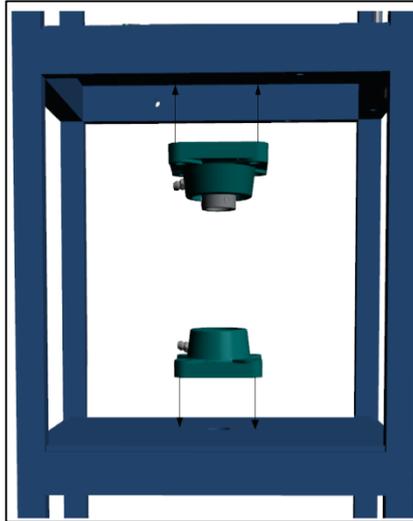
Imagen 126. Ensamble de mototool a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Acoplar los dos rodamientos a la estructura, utilizando tornillos Hexagonales M8x20 cuatro para cada rodamiento, como se muestra en la Imagen 127.

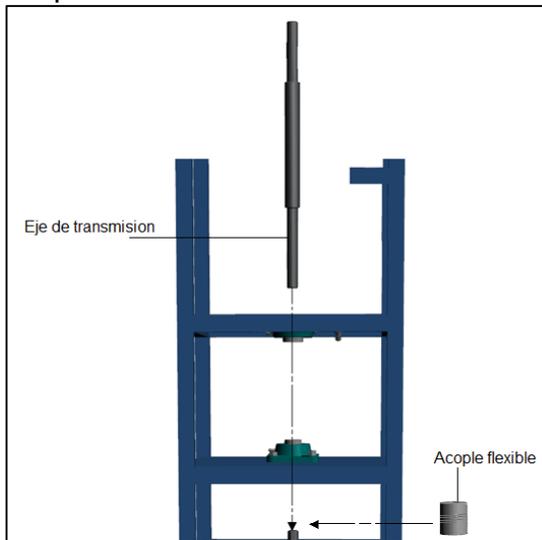
Imagen 127. Ensamble rodamientos a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Inserta el eje por la parte superior de la estructura, ajustándolo en medio de los dos rodamientos. Ajustar el eje de transmisión, con el eje del moto-reductor mediante el acople flexible. Como se muestra en la Imagen 128.

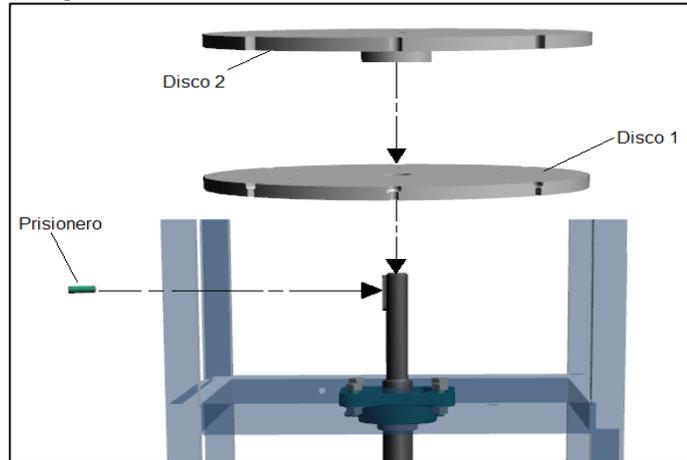
Imagen 128. Ensamble del eje y el acople a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Acoplar los discos de la rueda de procesos, primero insertar el disco 1 por la parte superior de la estructura, hasta el hombro del eje, y el disco 2 de igual manera, se inserta por la parte superior, pero hasta la cuña del eje donde ira acoplado, por medio de un prisionero M6x20, como se muestra en la Imagen 129.

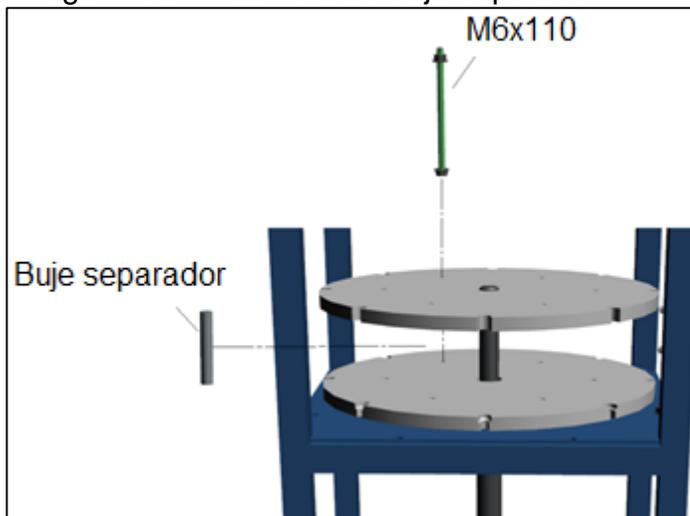
Imagen 129. Ensamble discos a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Acoplar los bujes separadores; el primer paso es ingresar en medio de los dos disco el buje separador, seguido de esto insertar el perno M6x110 encajando los dos disco junto con el buje separador, ajustar con tuerca y arandela, repetir este paso para los 6 bujes que forman parte de los discos, como se muestra en la Imagen 130.

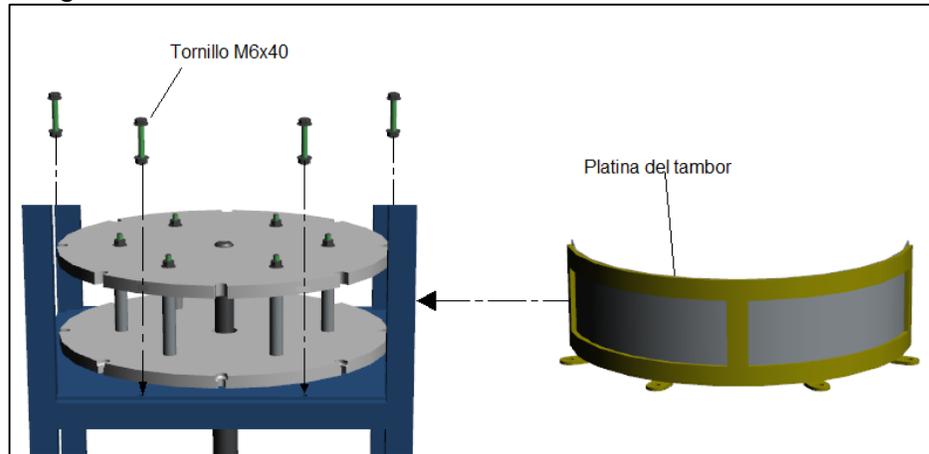
Imagen 130. Ensamble de buje separador



Fuente: Elaboración propia.

La platina del tambor se inserta por el costado de la estructura y se acopla a la mediante tornillos M6x40, como se muestra en la Imagen 131.

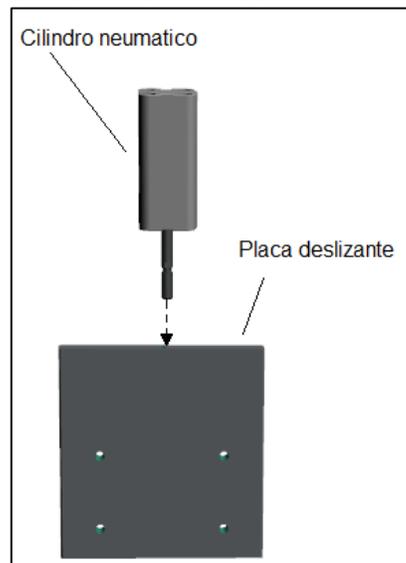
Imagen 131. Ensamble tambor a estructura



Fuente: Elaboración propia.

Sistema de remoción: Encajar el cilindro neumático a la plaza deslizante mediante la parte roscada del vástago, como se muestra en la Imagen 132.

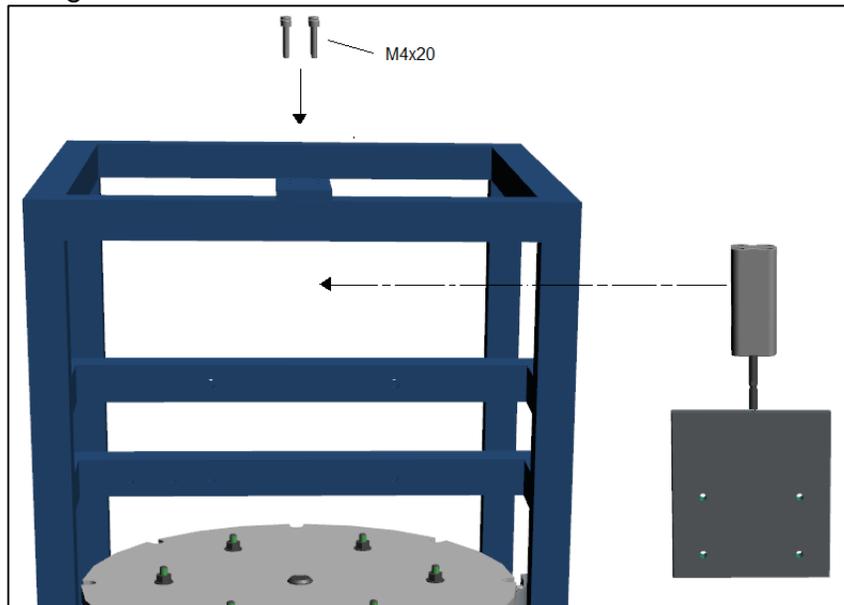
Imagen 132. Ensamble cilindro neumático



Fuente: Elaboración propia.

Empotrar el cilindro neumático a la estructura mediante 4 tornillos M4x20, como se muestra en la Imagen 133.

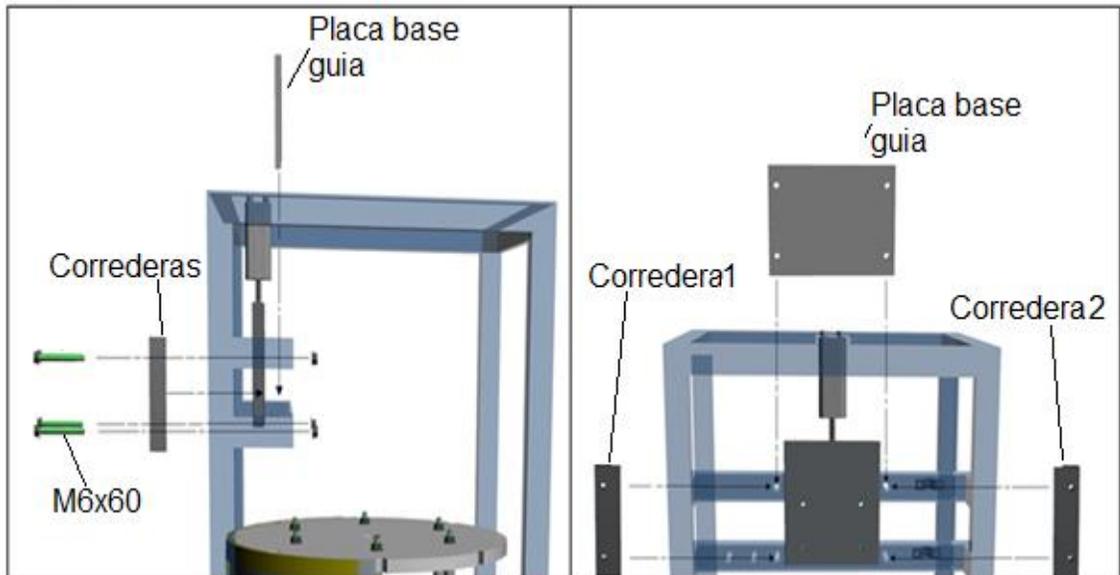
Imagen 133. Ensamble cilindro neumático a estructura



Fuente: Elaboración propia.

Acoplar base guía para el mototool: insertar la placa de base guía junto a las dos correderas y fijarla estas tres piezas con 4 tornillos M6x60 con arandela y rosca, como se muestra en la Imagen 134.

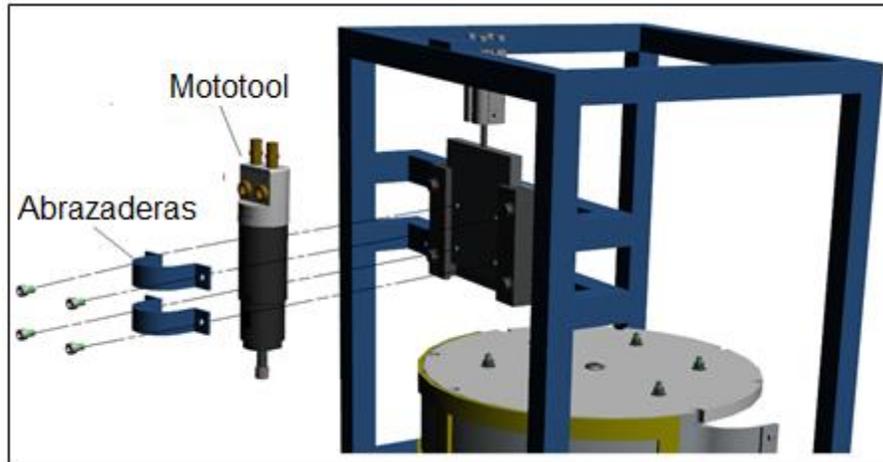
Imagen 134. Partes de ensamble mototool



Fuente: Elaboración propia.

Ensamblar el mototool a la guía apoyándose de las dos abrazaderas y 4 tornillos M6x10, como se muestra en la Imagen 135.

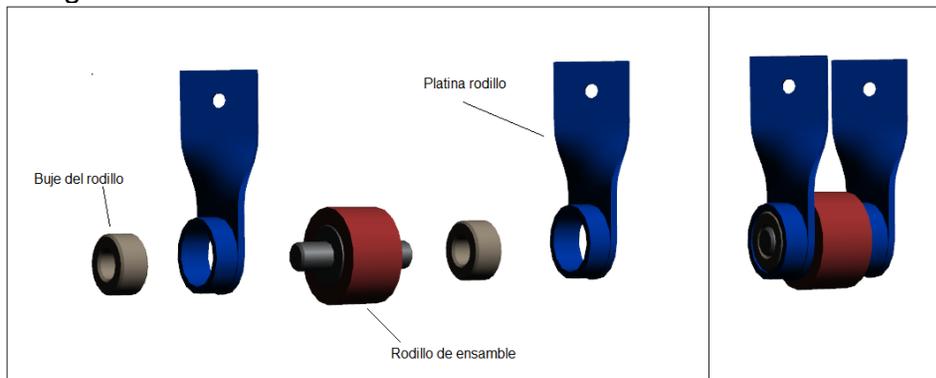
Imagen 135. Ensamble mototool



Fuente: Elaboración propia.

Sub-Sistema de ensamble: Se recomienda armar el rodillo de ensamble antes de montarlo sobre la estructura, como se muestra en la Imagen 136.

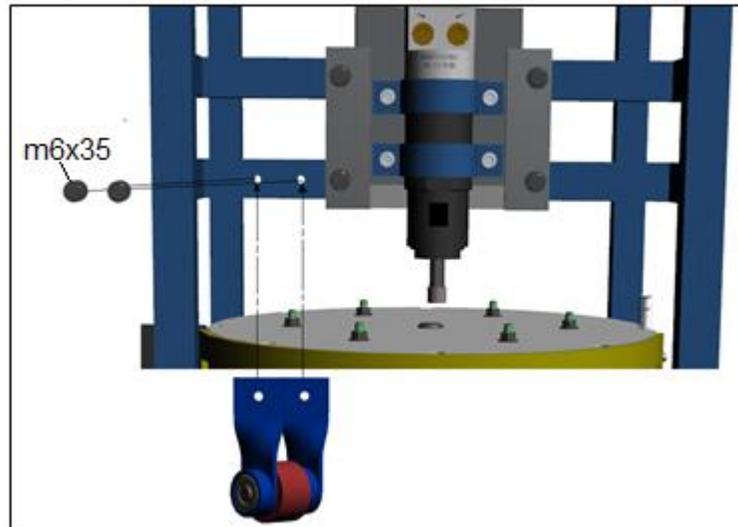
Imagen 136. Partes rodillo de ensamble



Fuente: Elaboración propia.

Con el rodillo armado se procede a montarlo sobre la estructura con ayuda de dos tornillos M6x35, como se muestra en la Imagen 137.

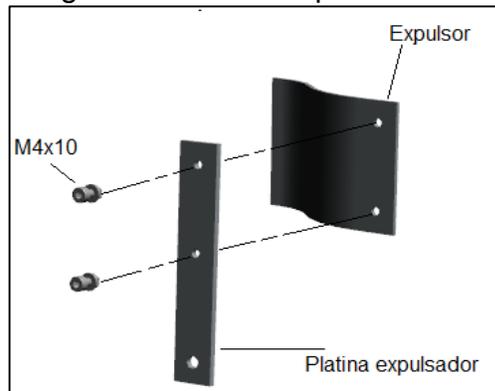
Imagen 137. Ensamble rodillo a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

Expulsor de aplicadores: Acoplar la platina del expulsor junto al expulsor mediante tornillos M4x10, como se muestra en la Imagen 138.

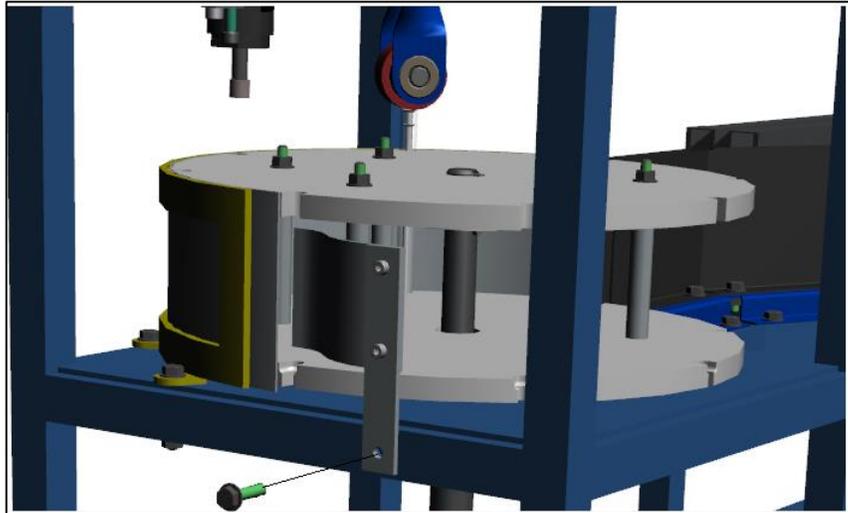
Imagen 138. Placa expulsora



Fuente: Elaboración propia.

Una vez el expulsor este armado, acoplar a la estructura utilizando un tornillo M6x35 hexagonal, como se muestra en la Imagen 139.

Imagen 139. Ensamble sistema de expulsión

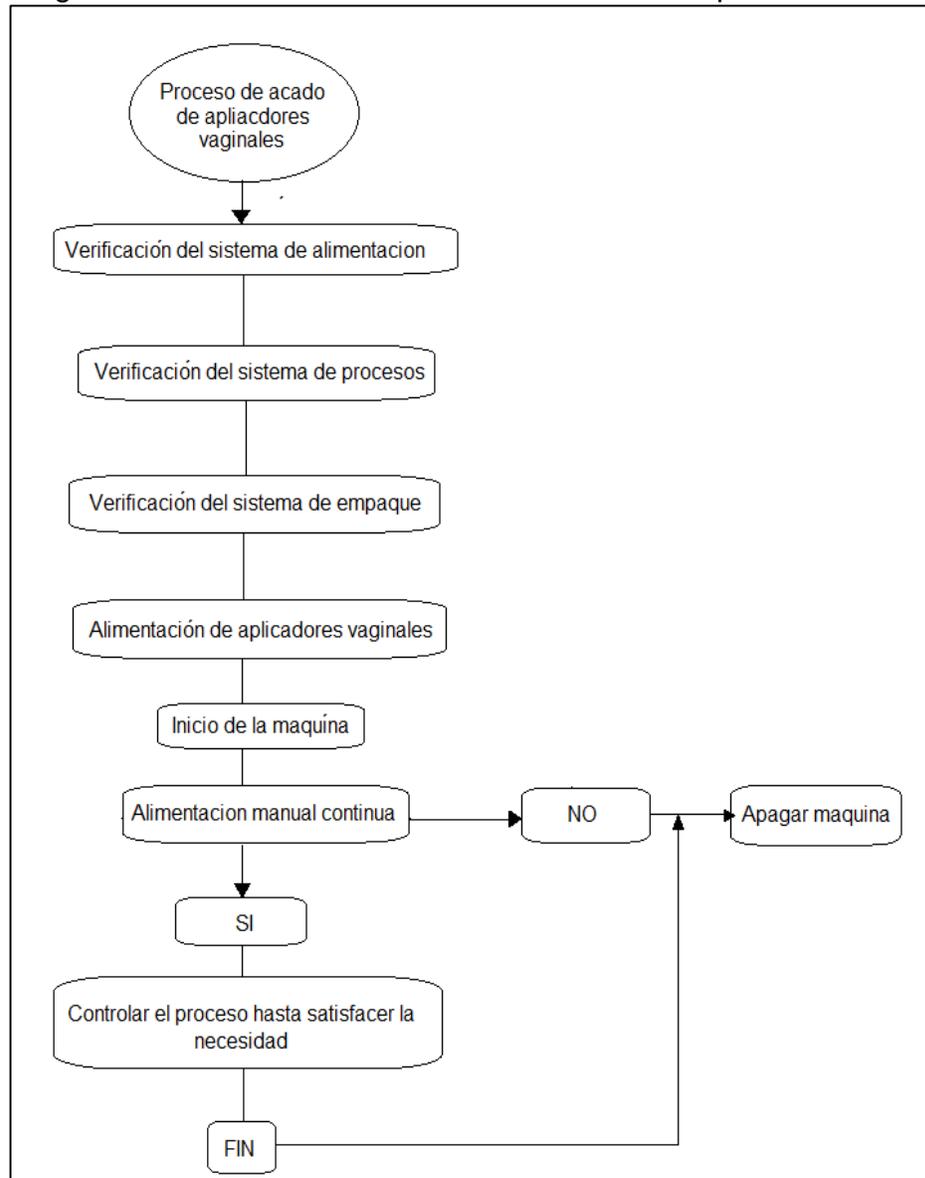


Fuente: Elaboración propia.

8.2 MANUAL DE OPERACIÓN

En este capítulo se desarrolla el manual de operación para la puesta en marcha de la máquina, es importante tener en cuenta este manual, para el buen funcionamiento de la máquina durante el proceso, como se muestra en el diagrama 2.

Diagrama 2. Proceso de funcionamiento de la máquina.



Fuente: Elaboración propia.

8.2.1 Preparación. Antes de poner en marcha la máquina, se debe llenar el sub-sistema de alimentación, insertando uno por uno los aplicadores vaginales en hasta llenarla en la totalidad, como lo muestra la imagen 140.

Imagen 140. Sub sistema de alimentación totalmente lleno



Fuente: Elaboración propia.

Una vez esto, el operario debe alistar los aplicadores que se insertarán en la siguiente tanda de alimentación.

8.2.2. Inicio. Con el sistema de alimentación lleno se procede a encender la máquina mediante el botón de color verde, y a su vez la máquina empaedora. De esta manera irán llegando de uno a uno los aplicadores vaginales a la rueda de proceso y posterior empaque.

8.2.3 Operación. El operario una vez se inicie el proceso, debe estar pendiente cuando algunas de las dos guías de alimentación, se encuentre totalmente vacía, para comenzar el llenado de esta.

Igualmente si se presenta alguna obstrucción, el operario debe proceder a apagar la máquina y retirar el objeto extraño y comenzar nuevamente su preparación de puesta en marcha.

Los aplicadores una vez pase por todos los procesos, llegara a una caja ubicada al final de la máquina de empaque, el operario debe estar pendiente que la caja se llene en la totalidad para así sellarla, y proceder a ubicar una caja nueva en su lugar.

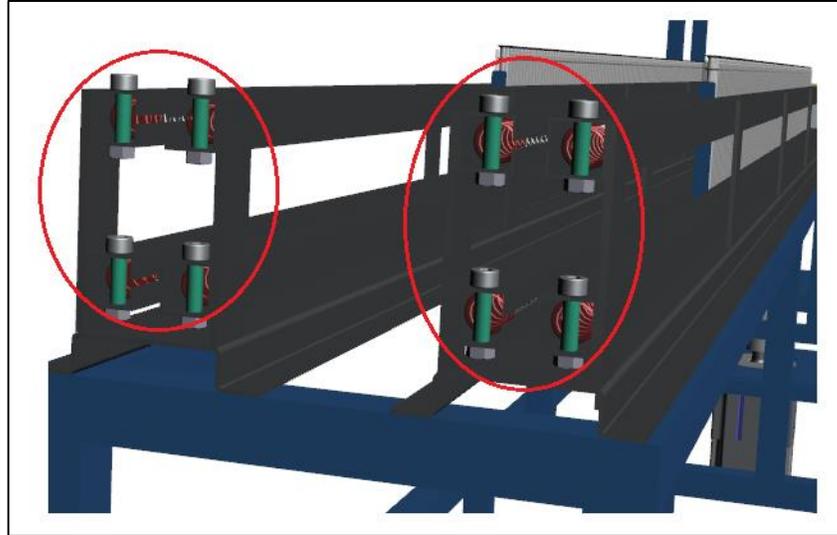
8.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para disponer de un buen equipo se debe garantizar que la máquina este en las mejores condiciones, para esto la máquina debe ser sometida a un mantenimiento por inspección, de esta manera aumentando la confiabilidad de la máquina.

Dicho mantenimiento puede ser realizado por parte del operario ya que se le garantizarán los manuales necesarios para su perfecta ejecución.

8.3.1 Mantenimiento de la estructura. Verificar que los elementos de fijación como tornillos, tuercas arandelas y soldaduras se encuentren en buen estado. Los golpes en los perfiles suelen afectar la estabilidad de la máquina y su vida útil. Para evitar esto verifique golpes o puntos de corrosión en los perfiles o deformación en las guías.

Imagen 141. Tornillos de soporte en guías de acompañamiento



Fuente: Elaboración propia.

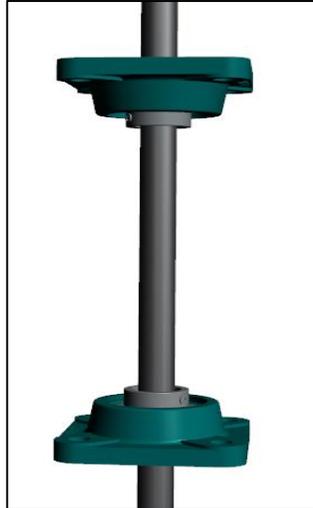
8.3.2 Mantenimiento del resorte. Dado que el resorte se diseñó bajo parámetros de carga estática, se toman las siguientes recomendaciones:

- No exceder la carga máxima establecida, en este caso no sobrepasar el número de aplicadores permitidos por guía.
- Mantener limpia la guía del resorte evitando obstrucciones en la vía.
- Siguiendo los pasos anteriormente mencionados se puede otorgar una garantía de por vida de los resortes que trabajan con carga estática.

8.3.3 Mantenimiento de los rodamientos. Dado que las revoluciones que maneja el servo motor son bajas a comparación de un motor que maneje alta revoluciones, el desgaste presente en los rodamientos es poco, de esta manera basta con un ajuste periódico, a sus tornillos acoplados a la estructura.

Al percatarse de ruidos extraños, el operario puede proceder a apagar la máquina, y realizar un alineamiento entre los ejes transmisores o desmontar los rodamientos y verificar su estado actual. La alineación correcta se ve en la Imagen 142.

Imagen 142.
Rodamientos
alineados



Fuente: Elaboración propia.

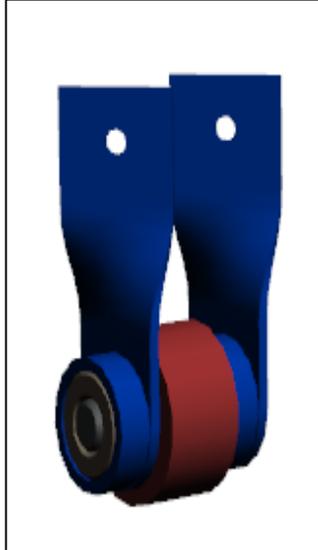
Se recomienda aplicar grasa lubricante, teniendo en cuenta que los rodamientos están sometidos a bajas revoluciones, los protegerá de la humedad y los contaminantes.

Es muy importante utilizar Grasas SKF LGFD 2 ya que son compatibles con alimentos o medicamentos, para evitar la posible contaminación del producto y los costos innecesarios relacionados con esta.

Las Grasas SKF compatibles como este tipo de productos, están registradas por la NSF H1 1, y certificadas por Kosher 2 y Halal 3. Además, cumplen con la norma ISO 21469, que ayuda a asegurar que se produzcan y brinden de conformidad con los más altos requisitos de higiene.

8.3.4 Mantenimiento del rodillo de ensamble.

Imagen 143. Rodillo de ensamble



Fuente: Elaboración propia

Se recomienda cambiar el rodillo mostrado en la Imagen 143, una vez el operario considere, que el ensamble que se genera no es el adecuado u ocurre con alguna dificultad.

8.3.5 Mantenimiento del mototool. Percatarse que no tenga ruidos extraños, limpiar el polvo o partículas no deseadas semanalmente, y controlar el tipo de desgaste, que está generando sea el adecuado.

De lo contrario se debe cambiar el esmeril cuando se vea necesario, se recomienda en periodos mensuales.

8.3.6 Mantenimiento del servo motor. Percibir ruidos extraños o altas vibraciones, que no contribuyan con el buen funcionamiento del servomotor.

Limpiar semanalmente el servomotor, evitando que entren partículas no deseadas.

En el caso de presentarse alguna falla en la máquina, se debe buscar solucionar este problema, mediante un mantenimiento efectivo y en el menor tiempo posible.

Para esto se presenta en el cuadro 2, con las posibles causas, que pueden llegar a causar los problemas y las soluciones a poner en marcha en ese momento.

Cuadro 2. Posibles causas de los problemas

Problema	Causa	Solución
Vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Desajuste de la tornillería. • Desajuste de rodamientos. • Des alineamiento en el acople. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar tornillería. • Ajustar rodamientos. • Análisis por vibraciones.
Ruidos	<ul style="list-style-type: none"> • Des alineamiento en el acople. • Rodamientos en mal estado • Desajuste de la tornillería • Mala lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar tornillería • Lubricar rodamientos • Cambiar rodamientos

Fuente: Elaboración propia.

8.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Se recomienda seguir las siguientes pautas, mostradas en el cuadro 3, en el proceso de mantenimiento, dando el periodo necesario para cada una de las actividades.

Cuadro 3. Plan de mantenimiento

Piezas	Actividad	Semanal	Mensual	Anual
Guía de acompañamiento	Limpiar polvo			
	Revisar tornillería de anclaje			
	Revisar pasador			
Rueda de procesos	Revisar tornillería			
	Pasador			
Rodamientos	Revisar vibraciones			
	Revisar			
	Lubricación			
	Chumaceras			
Servo Motor	Revisar vibraciones			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. (Continuación). Plan de mantenimiento

Piezas	Actividad	Semanal	Mensual	Anual
Mototool	Revisar vibraciones			
	Revisar ruido			
	Revisar temperatura			
	Revisar esmeril			
Estructura	Revisar anclaje			
	Revisar golpes			
	Revisar limpieza			

Fuente: Elaboración propia.

9. ANÁLISIS AMBIENTAL

Tomando en cuenta la importancia que ha tomado el tema ambiental en los últimos años es necesario el análisis ambiental para la toma de decisiones y viabilidad del proyecto.

Teniendo en cuenta que cualquier actividad relacionada con la industria tiene un impacto ambiental se analizan los posibles impactos que pueden presentarse a la hora del desarrollo del proyecto..

9.1 IMPACTO AMBIENTAL

Dentro de la fabricación y el proceso de producción de la máquina puede llegar a generar algún impacto ambiental y a sí mismo una afectación. Identificar cada uno de estos impactos ayudara a la mitigación de la misma, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Impacto ambiental de la máquina

Factor ambiental	Impacto ambiental
AGUA	*Desperdicios *Vertimientos *Residuos sólidos ferrosos
SUELO	*Instalación *Derrames
AIRE	*Proceso de soldadura y corte *Particulas de pintura

Fuente: Elaboración propia.

9.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Teniendo claro los impactos que puede llegar a ocasionar la máquina, se procede a calificarlos dependiendo el nivel de riesgo, dándole valor de la siguiente manera:

- 5. Riesgo alto.
- 3. Riesgo medio.

1. Riesgo bajo.
N/A. No aplica.

Esto con el fin de identificar el impacto con mayor afectación, para el medio ambiente, se hace la Tabla 5.

Tabla 5. Proceso con mayor impacto

Impacto ambiental	Proceso	
	Fabricación	Operación
Desperdicios	3	1
Vertimientos	1	1
Residuos sólidos ferrosos	1	N/A
Instalación	N/A	1
Derrames	1	1
Proceso de soldadura	3	N/A
Proceso de corte	3	N/A
Partículas de pintura	3	N/A
Contaminación auditiva	3	1
Total	18	5

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos que se manejan, para valorar el impacto ambiental que se puede presentar en el desarrollo de un proyecto, están dados de la siguiente manera:

- Bajo: 0-12.
- Medio: 13-26.
- Alto: 27-40.

De lo anterior se puede identificar, que el proceso que más genera impacto ambiental, es la fabricación de la máquina, con un nivel medio, por esto la mitigación se debe centrar en esta problemática.

Con el fin de mitigar esta problemática, se recomienda el ahorro en la energía, en el momento de la soldadura, ya que para este proceso el nivel de corriente que se

necesita es demasiado alto, a su vez el proceso de corte se puede manejar en una zona especial, para disminuir las emisiones contaminantes.

El proceso de pintura, se recomienda realizarlo con pintura que no impacte en gran manera el medio ambiente y evitando el aerosol.

10. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se realizara la evaluación financiera donde se evalúan los gastos, costos, que son relacionados con el diseño de máquina, el mantenimiento y la mano de obra en operación; se mira la viabilidad y rentabilidad a la empresa, pues se recuerda que se pasó de una operación manual a una máquina.

10.1 COSTOS

Los costos se originaron durante el diseño de la máquina y se pueden organizar dependiendo las fases del proyecto; se encuentran los costos de ingeniería, costos de fabricación, costos de operación y de mantenimiento.

Costos de ingeniería. Son los gastos durante el tiempo de diseño del proyecto, se asumen por los diseñadores, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Costos de ingeniería

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	V/ UNIDAD	TOTAL	FUENTE FINANCIAD.
Talento Humano					
Proponentes (2)	H-H	1500	7.000	10'500.000	Proponentes
Orientador	H-H	32	15.000	480.000	U. América
Total Talento Humano	10'980.000				
Gastos maquinaria y equipo					
Computadora	Unidad	2	2'000.000	4'000.000	Proponentes
Total Maquinaria y Equipo	4'000.000				
Fungibles					
Libros	Unidad	3	100.000	300.000	Proponentes
Papel	Resma	3	15.000	45.000	Proponentes
Tinta	Tóner	4	70.000	280.000	Proponentes
Total Fungibles	625.000				
Otros Gastos					
Viajes	\$				
Total Otros Gastos	0				
TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS	15'605.000				
Total Otros Gastos	0				
TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS	15'605.000				
Imprevistos 2-6%	780.250				
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (ΣGASTOS)	16'385.250				

Fuente: Elaboración propia.

Costos de fabricación y ensamble. Se tiene en cuenta en esta etapa los gastos generados en el proceso de fabricación, ensamble y creación de piezas, como son contorneados, soldaduras, cortes a laser y otros; se tiene en cuenta las piezas estándar y herramientas. Se muestra a continuación una imagen con todos estos costos.

Tabla 7. Costo elementos de la máquina

N°	ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	Perfil cuadrado 25 mm X 25 mm X 6 m acero inoxidable 304	5	\$140.000	\$700.000
2	Perfil cuadrado 20 mm x 20 mm x 6 m acero inoxidable 304	5	\$125.000	\$625.000
3	Lamina 100 cm x 200 cm cal 14 acero inoxidable 304	2	\$102.000	\$204.000
4	Lamina 100 cm x 200 cm cal 16 acero inoxidable 304	1	\$112.000	\$112.000
4	Lamina Ultrapol 30 cm x 61 cm cal 12	1	\$22.000	\$22.000
5	Lamina Ultrapol 30 cm x 61 cm cal 38	1	\$30.000	\$30.000
6	Tornillo M6x35	55	\$420	\$21.840
8	Cilindro neumático	1	\$180.000	\$180.000
9	Mototool neumático	1	\$119.000	\$119.000
10	Tornillo M6x25	4	\$120	\$480
11	Tornillo M6x20	4	\$100	\$400
12	Tornillo M6x10	5	\$110	\$550
13	Tornillo M6x60	4	\$180	\$720
14	Tornillo Bristol M6x25	1	\$210	\$210
15	Tornillo M4x10	4	\$90	\$360
16	Servo motor	1	\$77.000	\$77.000
17	Rodamiento FY 1 TF	1	\$82.000	\$82.000
18	Eje de transmisión	1	\$102.000	102.000
19	Prisionero M6x20	3	\$1.500	\$1.500
20	Chaveta cuadrada disco SAE 1020	1	\$3.500	\$3.500
21	Acople flexible 50 mm x 14 mm x 14 mm	1	\$10.500	\$10.500
22	Chaveta cuadrada motor AISI 1020	1	\$2.400	2.400
23	Abrazaderas	2	\$650	\$1.300
24	Platina de aluminio 50 cm x 30 cm	1	\$12.000	\$12.000
25	Sensor capacitivo	1	\$9.000	\$9.000
26	Manguera 4 m Diámetro manguera 12,7 mm	1	\$6.000	\$24.000
27	Boquilla con filtro	1	\$30.000	\$30.000
28	Caucho nitrilo 1 m	1	\$28.000	\$28.000
TOTAL				\$2.399.760

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de fabricación se generan de acuerdo a la operación y tiempo que se requiere en su fabricación o montaje, se considera organizarlos en una tabla y dar su costo en taller metalmecánico.

Tabla 8. Costos de fabricación y montaje

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
TORNERO	Hora	10	\$27.000	\$270.000
CORTADORA	Hora	4	\$20.000	\$80.000
SOLDADOR	Hora	8	\$30.000	\$240.000
DOBLADORA	Hora	15	\$25.000	\$375.000
AUXILIAR	Hora	70	\$27.000	\$1.890.000
CORTE LASER	Metro	42	\$3.000	\$126.000
ENSAMBLE	Hora	24	\$25.000	\$600.000
TOTAL				\$3.580.000

Fuente: Elaboración propia.

El costo total se calcula con la sumatoria de los costos anteriormente mencionados y se muestra en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Costo total de inversión

ITEM	VALOR
Costos de ingeniería	\$16.385.250
Costos de elementos de la máquina	\$2.399.760
costos de fabricación y montaje	\$3.580.000
SUBTOTAL	\$22.365.010
Imprevistos (5%)	\$1.118.250
Empaquetadora Flow-pack Ref EUR-250-D	\$30.000.000
TOTAL	\$53.483.860

Fuente: Elaboración propia.

Costo de Operación y mantenimiento. Son las necesidades de la máquina, como su fuente de alimentación, operarios de ésta, costos de mantenimiento y los elementos que se utilizan en el mismo.

El costo de los operarios se redujo de 5 operarios a 2 operarios en el proceso.

Tabla 10. Costo anual de operación y mantenimiento

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
Mantenimiento	-----	2	\$150.000	\$450.000
Costo operarios	-----	2	\$780.000	1.560.000
Consumo eléctrico	kWh *año	192	\$376	\$75.200
TOTAL				\$2.085.200

Fuente: Elaboración propia.

10.2 BENEFICIOS DEL PROYECTO

Con el diseño de la máquina se logra pasar de un proceso manual, a un proceso semi-automatizado. Donde se ve un aumento de la producción de más del 50 %, se reducen los tiempos de fabricación por aplicador, se reducen los gastos por operarios y se mejora el acabado final del producto.

$$\text{Beneficio} = \$780.000 * 12 * 3 = \$28'080.000$$

El beneficio anual sería de \$28'080.000 correspondiente a 12 salarios mínimos mensuales que se dejarían de pagar.

10.3 ANÁLISIS FINANCIERO

En todo proyecto es fundamental conocer si es viable o no, y a su vez conocer en cuanto tiempo se recupera la inversión inicial, para determinar eso es necesario hacer una evaluación financiera del proyecto y para conocer la ganancia que genera esta máquina.

10.3.1 Ganancia que genera la máquina. Se realizan dos flujos de caja, donde se comparan las utilidades netas del proceso manual como actualmente se maneja y el proceso que se espera con la máquina. El flujo de caja se realiza por un periodo de 10 años, teniendo en cuenta que las máquinas por lo general se deprecian a esa misma cantidad de años como mínimo.

En la tabla 11 se puede observar el flujo de caja correspondiente al proceso con la máquina y su rentabilidad.

Tabla 11. Flujo de caja con máquina

CONCEPTO/AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
UNIDADES		2764800	2903040	3048192	3200602	3360632	3528663	3705096	3890351	4084869	4289112
PRECIO DE VENTA		\$ 172	\$ 177	\$ 183	\$ 188	\$ 194	\$ 199	\$ 205	\$ 211	\$ 217	\$ 223
VENTAS		\$475.545.600	\$514.302.566	\$556.578.237	\$602.036.765	\$ 650.892.048	\$ 703.370.220	\$ 759.710.174	\$ 820.164.111	\$ 884.998.085	\$ 954.492.559
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$111.600.000	\$115.394.400	\$118.856.232	\$122.501.156	\$126.196.608	\$ 129.940.441	\$ 133.730.370	\$ 137.563.974	\$ 141.438.693	\$ 145.351.830	\$ 149.300.555
BOLSA DE EMPAQUE	\$ 7.200.000	\$ 7.444.800	\$ 7.668.144	\$ 7.903.300	\$ 8.141.717	\$ 8.383.254	\$ 8.627.766	\$ 8.875.095	\$ 9.125.077	\$ 9.377.537	\$ 9.632.294
MANTENIMIENTO	\$ 50.000	\$ 51.700	\$ 53.251	\$ 54.884	\$ 56.540	\$ 58.217	\$ 59.915	\$ 61.633	\$ 63.369	\$ 65.122	\$ 66.891
OPERACIÓN	\$ 3.900.000	\$ 4.032.600	\$ 4.153.578	\$ 4.280.954	\$ 4.410.097	\$ 4.540.929	\$ 4.673.373	\$ 4.807.343	\$ 4.942.750	\$ 5.079.499	\$ 5.217.493
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	\$122.750.000	\$126.923.500	\$130.731.205	\$134.740.295	\$138.804.961	\$ 142.922.841	\$ 147.091.424	\$ 151.308.045	\$ 155.569.888	\$ 159.873.989	\$ 164.217.232
UTILIDAD BRUTA	-\$122.750.000	\$348.622.100	\$383.571.361	\$421.837.942	\$463.231.804	\$ 507.969.207	\$ 556.278.796	\$ 608.402.129	\$ 664.594.223	\$ 725.124.096	\$ 790.275.327
CONSUMO ELECTRICO (GASTOS ADMIN)	\$ 3.600.000	\$ 3.722.400	\$ 3.834.072	\$ 3.951.650	\$ 4.070.858	\$ 4.191.627	\$ 4.313.883	\$ 4.437.548	\$ 4.562.538	\$ 4.688.769	\$ 4.816.147
DEPRECIACION	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386
TOTAL GASTOS	\$ 8.948.386	\$ 9.070.786	\$ 9.182.458	\$ 9.300.036	\$ 9.419.244	\$ 9.540.013	\$ 9.662.269	\$ 9.785.934	\$ 9.910.924	\$ 10.037.155	\$ 10.164.533
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	-\$131.698.386	\$339.551.314	\$374.388.903	\$412.537.906	\$453.812.560	\$ 498.429.194	\$ 546.616.527	\$ 598.616.196	\$ 654.683.299	\$ 715.086.941	\$ 780.110.794
IMPUESTOS(33%)	-\$ 43.460.467	\$112.051.934	\$123.548.338	\$136.137.509	\$149.758.145	\$ 164.481.634	\$ 180.383.454	\$ 197.543.345	\$ 216.045.489	\$ 235.978.691	\$ 257.436.562
UTILIDAD NETA	-\$175.158.853	\$227.499.380	\$250.840.565	\$276.400.397	\$304.054.415	\$ 333.947.560	\$ 366.233.073	\$ 401.072.851	\$ 438.637.810	\$ 479.108.251	\$ 522.674.232
DEPRECIACION	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386	\$ 5.348.386
INVERSION	\$ 53.483.860	-\$223.294.327									
FCN	-\$223.294.327	\$ 9.553.439	\$265.742.390	\$547.491.173	\$856.893.974	\$1.196.189.920	\$1.567.771.379	\$1.974.192.616	\$2.418.178.812	\$2.902.635.449	\$3.430.658.067

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de caja con el proceso con máquina de este proyecto se asume con una producción anual de 2.764.800 aplicadores, con un turno de 8 horas y una jornada de 6 días a la semana. La máquina necesita de dos operarios para su funcionamiento, un operario que abastece la máquina y el otro que organiza los aplicadores vaginales en una caja al final de la empaquetadora, para ser distribuidos después.

Estas unidades se calculan con los tiempos establecidos anteriormente, donde el arranque de la máquina comienza con 14 aplicadores por minuto y después 20 aplicadores por minuto, ya que cada 3 segundos sale un aplicador uno detrás de otro.

Se puede observar que se retorna la inversión de la máquina antes del primer año.

La siguiente tabla 12 es del IPC.

Tabla 12. IPC

AÑO	IPC
2018	3,1%
2019	3,4%
2020	3,0%
2021	3,1%
2022	3,0%
2023	3,0%
2024	2,9%
2025	2,9%
2026	2,8%
2027	2,8%
2028	2,7%

Fuente: Banco de la republica de Colombia. Evolución de la inflación. Informe sobre inflación Gerente general. [citado 14 de Oct., 2018]. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/noticias/jjchavarria-presenta-informe-inflacion-febrero-2018>

En el Tabla 13 se presenta el siguiente flujo de caja con el proceso manual y su producción.

Tabla 13. Flujo de caja manual

Años	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
UNIDADES		1800000	1890000	1984500	2083725	2187911	2297307	2412172	2532781	2659420	2792391
PRECIO DE VENTA		\$172	\$177	\$183	\$188	\$194	\$199	\$205	\$211	\$217	\$223
VENTAS		\$309.600.000	\$334.832.400	\$362.355.623	\$391.951.019	\$423.757.844	\$457.923.320	\$494.602.978	\$533.961.010	\$576.170.628	\$621.414.426
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$111.600.000	\$115.394.400	\$118.856.232	\$122.501.156	\$126.196.608	\$129.940.441	\$133.730.370	\$137.563.974	\$141.438.693	\$145.351.830	\$149.300.555
BOLSA DE EMPAQUE	\$7.200.000	\$7.444.800	\$7.668.144	\$7.903.300	\$8.141.717	\$8.383.254	\$8.627.766	\$8.875.095	\$9.125.077	\$9.377.537	\$9.632.294
MANTENIMIENTO	\$50.000	\$51.700	\$53.251	\$54.849	\$56.503	\$58.179	\$59.876	\$61.593	\$63.328	\$65.080	\$66.848
OPERACIÓN	\$3.900.000	\$4.032.600	\$4.153.578	\$4.280.954	\$4.410.097	\$4.540.929	\$4.673.373	\$4.807.343	\$4.942.750	\$5.079.499	\$5.217.493
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	\$122.750.000	\$126.923.500	\$130.731.205	\$134.740.260	\$138.804.924	\$142.922.804	\$147.091.385	\$151.308.005	\$155.569.847	\$159.873.946	\$164.217.189
UTILIDAD BRUTA	-\$122.750.000	\$182.676.500	\$204.101.195	\$227.615.363	\$253.146.095	\$280.835.040	\$310.831.935	\$343.294.973	\$378.391.163	\$416.296.681	\$457.197.238
CONSUMO ELECTRICO (GASTOS ADMIN)	\$864.000	\$893.376	\$920.177	\$948.396	\$977.006	\$1.005.991	\$1.035.332	\$1.065.011	\$1.095.009	\$1.125.304	\$1.155.875
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	-\$123.614.000	\$181.783.124	\$203.181.018	\$209.310.312	\$215.624.506	\$222.021.367	\$228.496.990	\$235.047.237	\$241.667.734	\$248.353.875	\$255.100.821
IMPUESTOS(33%)	-\$40.792.620	\$59.988.431	\$67.049.736	\$69.072.403	\$71.156.087	\$73.267.051	\$75.404.007	\$77.565.588	\$79.750.352	\$81.956.779	\$84.183.271
UTILIDAD NETA	-\$164.406.620	\$121.794.693	\$136.131.282	\$140.237.909	\$144.468.419	\$148.754.316	\$153.092.983	\$157.481.649	\$161.917.382	\$166.397.096	\$170.917.550
FCN	-\$164.406.620	-\$42.611.927	\$93.519.355	\$233.757.264	\$378.225.683	\$526.979.999	\$680.072.982	\$837.554.630	\$999.472.012	\$1.165.869.108	\$1.336.786.658

Fuente: Elaboración propia.

10.3.2 Periodo de recuperación. Se calcula por medio de la ecuación, el tiempo en el que se recupera la inversión de la máquina.

$$PR = a + \left[\frac{b - c}{d} \right]$$

Donde:

a= Periodo antes que se recupere la inversión.

b = Inversión

c= Sumatoria de flujos neto antes que se recupere la inversión.

d= Flujo neto del periodo que se recupera la inversión.

$$PR = 0 + \left[\frac{241270660 - 0}{252643668} \right]$$

$$PR = 0,95$$

Se recupera la inversión de la máquina en 9 meses y medio.

10.3.3 Valor presente neto. En el análisis del VPN se traen los gastos e ingresos futuros a pesos equivalentes de ahora con la siguiente ecuación*,

$$VPN = F_0 + F_1(1 + i)^{-1} + F_2(1 + i)^{-2} + F_3(1 + i)^{-3} + F_4(1 + i)^{-4}$$

Donde;

VPN = Valor presente neto

F₀ = Inversión inicial

F_n = flujo de efectivo anual

i = tasa mínima de rendimiento (10%)

$$\begin{aligned} VPN = & -\$241'270.660 + \$252'643.668(1 + 0,1)^{-1} + \$301'254.782(1 + 0,1)^{-2} \\ & + \$359'150.093(1 + 0,1)^{-3} + \$428'097.528(1 + 0,1)^{-4} \\ & + \$510'201.256(1 + 0,1)^{-5} + \$607'965.591(1 + 0,1)^{-6} \\ & + \$724'371.061(1 + 0,1)^{-7} + \$862'964.915(1 + 0,1)^{-8} \\ & + \$1'027'968.840(1 + 0,1)^{-9} + \$1'224'407.143(1 + 0,1)^{-10} \end{aligned}$$

$$VPN = \$1'310'600.596$$

Los criterios de viabilidad de un proyecto por VPN son:

➤ VPN > 0, el proyecto es viable

* BLANK, Leland. Ingeniería económica. Sexta edición. Mexico: Mc Graw Hill, 2006. 174p.

- $VPN < 0$, el proyecto no es viable
- $VPN = 0$, el proyecto puede ser viable o no

Como el valor del presente neto hallado es de \$1'310'600.596, mayor que 0, quiere decir que el proyecto es viable y garantiza la recuperación de la inversión a corto plazo.

11. CONCLUSIONES

- La máquina logra un desgaste apropiado y apto para el uso del aplicador, de manera que no afecte la integridad de la mujer, también logrando un aspecto agradable y homogéneo para las exigencias de la empresa.
- La implementación de la maquina lograría aumentar la producción de la empresa un 51,2 %, de esta manera cumpliendo con las expectativas del proyecto, por otra parte lograría disminuir costes de operación, y así recuperar la inversión en un tiempo menor a un año.
- El proyecto demuestra que la maquina tiene una alta resistencia, dado que los valores obtenidos de factor de seguridad son elevados, esto teniendo en cuenta el tipo de material que se utilizó, y las cargas a las que está sometida, las cuales son relativamente bajas (16,56 MPa) en comparación con la resistencia del material (310 MPa).
- Al realizar la evaluación financiera del todo el proyecto versus la evaluación financiera del proceso manual se evidencia un alza en la producción, menos costos de operación y por ende una rentabilidad mucho más alta que la actual, por otra parte se evidencia que el proyecto es viable teniendo en cuenta que el valor presente neto es mayor que 0.

12. RECOMENDACIONES

- Evaluar la posibilidad de una tolva seleccionadora que genere una alimentación constante a la máquina.
- Evaluar la posibilidad de generar un movimiento constante por parte de la rueda de procesos, con el fin de aumentar más la capacidad de producción.
- Evaluar la posibilidad de desarrollar otro tipo de sistema de alimentación, que permita autonomía en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

BLANK, Leland. Ingeniería económica. Sexta edición. Mexico: Mc Graw Hill, 2006. 174p

BRICO-TODO. Consejos. Lijar. [citado 28 de Marzo del 2017] Disponible en: <http://www.bricotodo.com/lijar.htm>.

CERIND. Inoxidable punto com. Plásticos distintas propiedades. [citado el 6 de marzo 2018]. Disponible en: <http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>

CONSORCIO METALÚRGICO NACIONAL SAS. Ficha técnica tubería. [citado 5 de abril 2018]. Disponible en: http://ferrasa.com.co/wp-content/themes/plantilla_ferrasa/archivos/folletos/Ficha_tecnica_tuberia_REV2.pdf
http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf.

ENVASADOS A TERCEROS. Todo lo que deberías saber del formato envase flowpack. [citado 16 de Junio, 2018]. Disponible en: <https://envasados.es/formato-envase-flowpack/>.

FESTO. Catálogos de cilindros neumáticos. [Citado 10 de abril, 2018]. Disponible en: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/DSNU_ES.PDF

GYNOCANESTEN. Grupo Bayer. [citado 18 de enero2013]. Disponible en: <http://www.gynocanesten.com.co/es/female/sintomas/candidiasis/productos/>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajo de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización, 1 ed. Bogotá: ICONTEC, 2008. 33 p.

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. 1 ed. Bogotá: El instituto, 2008. 38 p.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. 1 ed. Bogotá: El instituto 1998. 23 p.

LENZE. Automation systems drive solutions. Controls interver motors gearboxes engineering tools. [citado 2 de abril 2018]. Disponible en: https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/CAT_MT_MC_13513046_en_GB.pdf.

MOTION & CONTROL KSK. Rodamientos. [citado 17 de septiembre del 2018]. Disponible en: <https://www.nskeurope.es/que-es-un-rodamiento-152.htm>.

NEUMOPACK. Llenadora y tapadora automática. [Videograbación]. 10 de noviembre 2008. Video en web, (4:38 min). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=LhfzUgN6G-E>.

PACKAGING MACHINERY. Máquinas de envasado. [citado 16 de Junio, 2018]. Disponible en: <https://www.ulmapackaging.com/máquinas-de-ensado/flow-pack-hffs>.

PIDCO DE COLOMBIA. Flow Pack empaque de aplicadores plásticos. [Videograbación]. Bogotá, 26 de noviembre 2013. Video web, (0:38 min). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=T23pqYnhXc4>.

RESORTES DE CATÁLOGO & HECHOS A LA MEDIDA. [en línea]. Lee spring, Serie 23 [20 Abril 2018]. Disponible en: <http://www.leespring.com/downloads/mx/2016/Catalogo%20Final%20Serie%2023.pdf>.

RICHARD G. Budynas y J. KEITH Nisbett. Resortes mecánicos. Octava edición. México: Mc Graw Hill, 2008. P. 499-549.

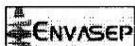
Robert L. MOTT, P.E. Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México: Pearson educación, 2006.

WIKIHOW. Como aplicar una crema vaginal. Salud de la mujer. [citado 15 de febrero del 2015]. Disponible en: <https://es.wikihow.com/aplicar-una-crema-vaginal>.

3M FERRETERÍA. Catálogo de productos. En: Ventas [En línea]. 2009. [citado 15 de Marzo 2018]. Disponible en: <http://multimedia.3m.com/mws/media/572099O/ferreteria.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A. FICHA TÉCNICA DEL PAD



• FICHA TÉCNICA DE MATERIAS PRIMAS

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD POLIFEN

Usos: Inyección: Para objetos pequeños que necesitan buena resistencia y flexibilidad.
Soplado: Para envases pequeños y juguetes.

PROPIEDADES FÍSICAS		METODO ASTM	VALOR
Índice DE Fusión,	Grs/10min	D-1238	2.5
Densidad	Grs/Cm3	D-792	0.970
Tensión al fundir	Grs-f	DOW-OP-13	3,86
Punto de ablandamiento(Vicat)	°C	D-1525	99
Resistencia a cedencia, *PSI	Kg/Cm2	D-638	1.620/160
Resistencia final a la tensión, *PSI	Kg/Cm2	D-638	1.900
Elongación última,*	%	D-638	0
Módulo de tensión 2% secante *PSI	Kg/Cm2	D-638	27.000/1.860
Elongación última,*	%	D-638	670
Módulo de tensión 2% secante *PSI	Kg/Cm2	D-638	27.000/1.860

OTRAS PROPIEDADES (2)

Opacidad, %	D-1003	7.2
Claridad (Aire = 9.6)	DOW	0.2
Brillo, 45° / 60°	D-2457	74/88
Temperatura mínima de sellado °C/ Rango de sellado °C	DOW-OP-57	130/69
Resistencia final del sello (DM / DT) Lbs /pulg2	DOW-OP-53	2.792/1.970
Coefficiente fricción		0.47
Nivel aditivos:		
• Deslizante		NINGUNO
• Antibloqueo		NINGUNO

- (1) Estos valores de propiedades físicas se dan como guía y como límites de especificaciones.
 (2) Muestra obtenida por extrusión soplado, de espesor 1,5 MILS.
 (3) Estas condiciones de procedimiento deberán tomarse como guías y no como especificaciones rígidas.
 (*) Muestra moldeada por compresión.

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO B. FICHA TÉCNICA DEL PBD



F.E. 19-09-01 V2 R-4.6-008

• FICHA TÉCNICA DE MATERIAS PRIMAS

**POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
POLIFEN 640**

Usos: Inyección: Para objetos pequeños que necesitan buena resistencia y flexibilidad.
Soplado: Para envases pequeños y juguetes.

PROPIEDADES FÍSICAS		METODO ASTM	VALOR
Índice DE Fusión,	Grs/10min	D-1238	2.0
Densidad	Grs/Cm3	D-792	0.922
Tensión al fundir	Grs-f	DOW-OP-13	3.86
Punto de ablandamiento(Vicat)	°C	D-1525	97
Resistencia a cedencia, *PSI	Kg/Cm2	D-638	1.600/113
Resistencia final a la tensión, *PSI	Kg/Cm2	D-638	1.700/120
Elongación última,*	%	D-638	600
Módulo de tensión 2% secante *PSI	Kg/Cm2	D-638	26.000/1.828
Elongación última,*	%	D-638	600
Módulo de tensión 2% secante *PSI	Kg/Cm2	D-638	26.000/1.828
PROPIEDADES DE PELÍCULA (2)			
Resistencia a la cedencia, PSI	kg/Cm2		
• Dirección de la extrusión		D-882	1.600/108
• Dirección transversal		D-882	1.560/106
Resistencia final a la tensión, PSI,	Kg/Cm2		
• Dirección de la extrusión		D-882	3.360/228
• Dirección transversal		D-882	2.900/197
Elongación final,	%		
• Dirección de la extrusión		D-882	400
• Dirección transversal		D-882	570
Resistencia al rasgado. Elmendorf	Grs		
• Dirección de la extrusión		D-1922	165
• Dirección transversal		D-1922	238
Impacto al dardo,	Grs	D-1709	120
OTRAS PROPIEDADES (2)			
Opacidad, %		D-1003	7.2
Claridad (Aire = 9.6)		DOW	0.2
Brillo, 45° / 60°		D-2457	70/84
Temperatura mínima de sellado °C/ Rango de sellado °C		DOW-OP-57	127/63
Resistencia final del sello (DM / DT) Lbs /pulg2		DOW-OP-53	2.730/1.920
Coefficiente fricción			0.43
Nivel aditivos:			
• Deslizante			NINGUNO
• Antibloqueo			NINGUNO

- (1) Estos valores de propiedades físicas se dan como guía y como límites de especificaciones.
 (2) Muestra obtenida por extrusión soplado, de espesor 1,5 MILS.
 (3) Estas condiciones de procedimiento deberán tomarse como guías y no como especificaciones rígidas.
 (*) Muestra moldeada por compresión.

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

**ANEXO C.
COTIZACIÓN RESORTE**



Especialistas en Fabricación
de Resortes
Heliocoidales de Compresión
Tel : 7417429

COTIZACION
Nº: 145601

Fecha: 25/07/2018

Atención: Mario Campiño Empresa: Industria de resortes de canguros SASA E-mail: Industria.canguro@Gmail.com	Teléfono: 3103232890 Teléfono: 7417529
--	---

A continuación presentamos nuestra oferta que esperamos sea de su conformidad.

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	DESC.	TOTAL
1	Resorte helicoidal a compresión Acero inoxidable 316 Temple a 170°C De: 18,29 mm d: 0,89 mm Longitud sin carga: 2,3 m Constante: 3,2 Lbs/pul Paso entre espiras: 4 mm	48,200.00	0.00	48,200.00
				PARCIAL \$ 48,200.00 DESCUENTO \$ 0.00 NETO \$ 48,200.00 IVA 19% \$ 11,300.00 TOTAL \$ 59,500.00

Condiciones de pago: Crédito 30 días
 Validez de a oferta: 15 días
 Tiempo de entrega: 4 horas

Katherin Rincon	Mario Campiño	
-----	-----	-----
Vendedor	Cotizado	Aceptado Cliente

Fuente: INDUSTRIA DE RESORTES DE CANGUROS SASA.

ANEXO D. CATÁLOGO DE ULTRAPOL

5. Piezas Básicas

Para situaciones donde no es económico el molde de una pieza especial vg. cantidad limitada, alto costo de molde, etc., se ofrecen las piezas básicas en **ULTRAPOL** para que los consumidores finales, mediante procesos mecánicos, puedan fabricar en forma rápida y económica sus propios artículos.

Placas y láminas

Elementos cuadrados o rectangulares de los cuales se puedan cortar figuras diversas como tapas, discos, mesas de corte y otras piezas especiales para la construcción o reparación de equipo industrial.

Tabla 1. Dimensiones Normales

Espesores:	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"
	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"
	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"
	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"

Tolerancias: \pm 3% del espesor nominal

Tamaños de Norma:	12" x 24"	(30,5 x 61 cm.)
	24" x 24"	(61 x 61 cm.)
	24" x 48"	(61 x 122 cm.)
	20" x 30"	(51 x 76 cm.)
	20" x 60"	(51 x 152 cm.)

Láminas con tamaños y espesores diferentes se fabrican a solicitud.

Perfiles

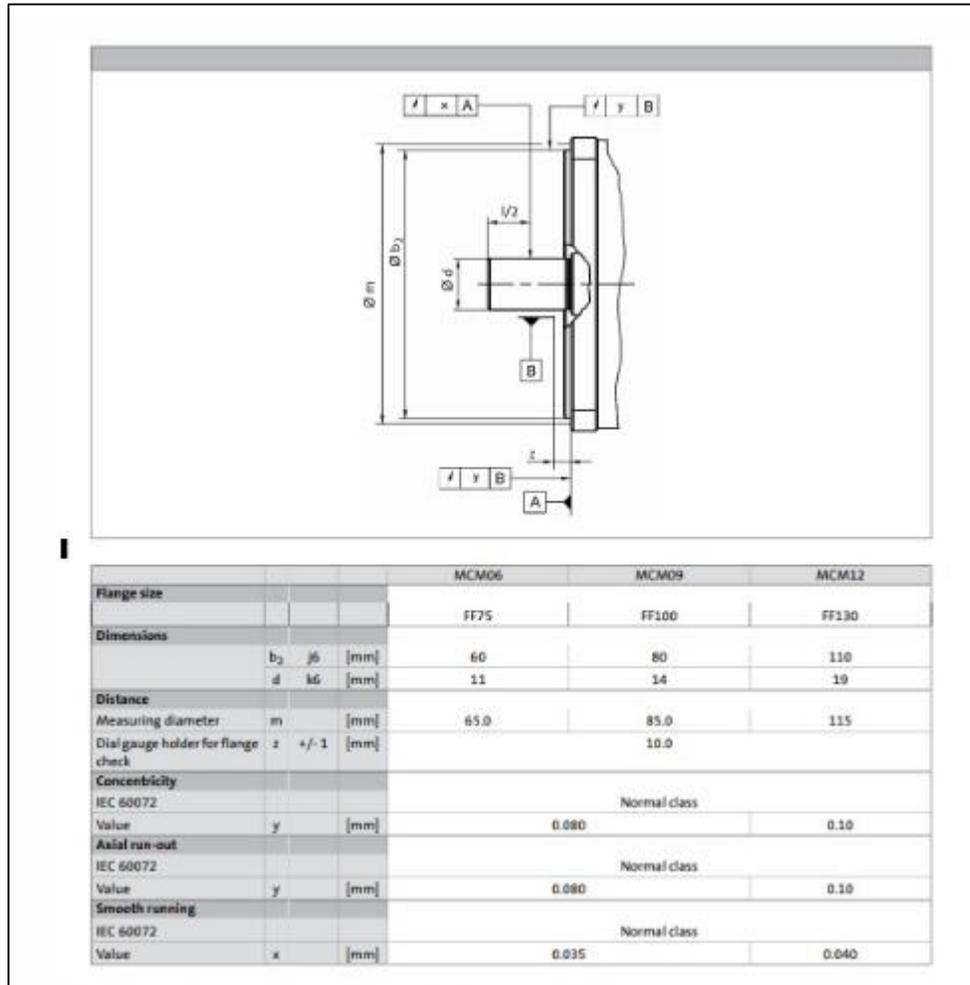
COREL fabrica en **ULTRAPOL** una amplia variedad de perfiles de norma para uso en maquinaria de embotellado de bebidas y transporte de diversos materiales.

Los perfiles se cotizan y fabrican a solicitud.



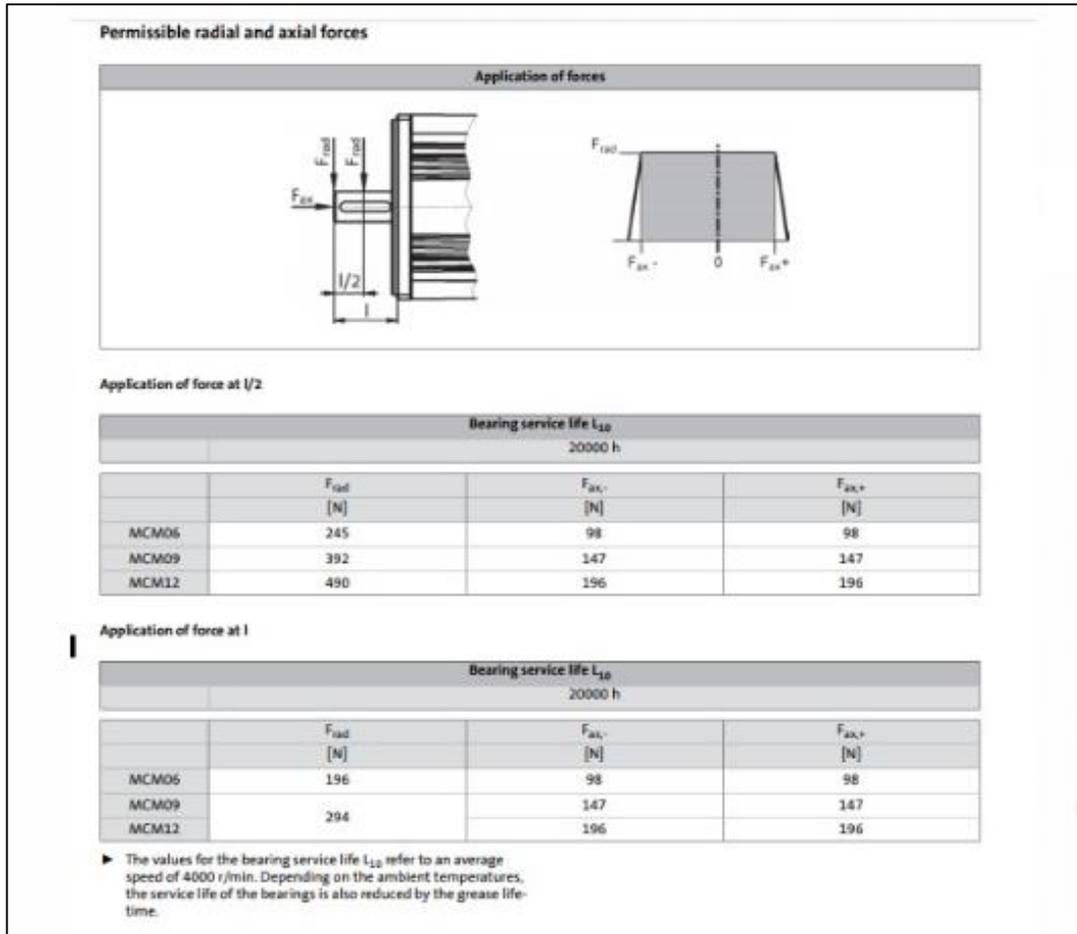
Fuente: Corel. Piezas y repuestos para uso industrial. Catálogo ultrapol. [citado el 24 de abril 2018]. Disponible en: http://www.corel.com.co/productos/archivos/Catalogo_ultrapol.pdf.

ANEXO E. SERVOMOTOR



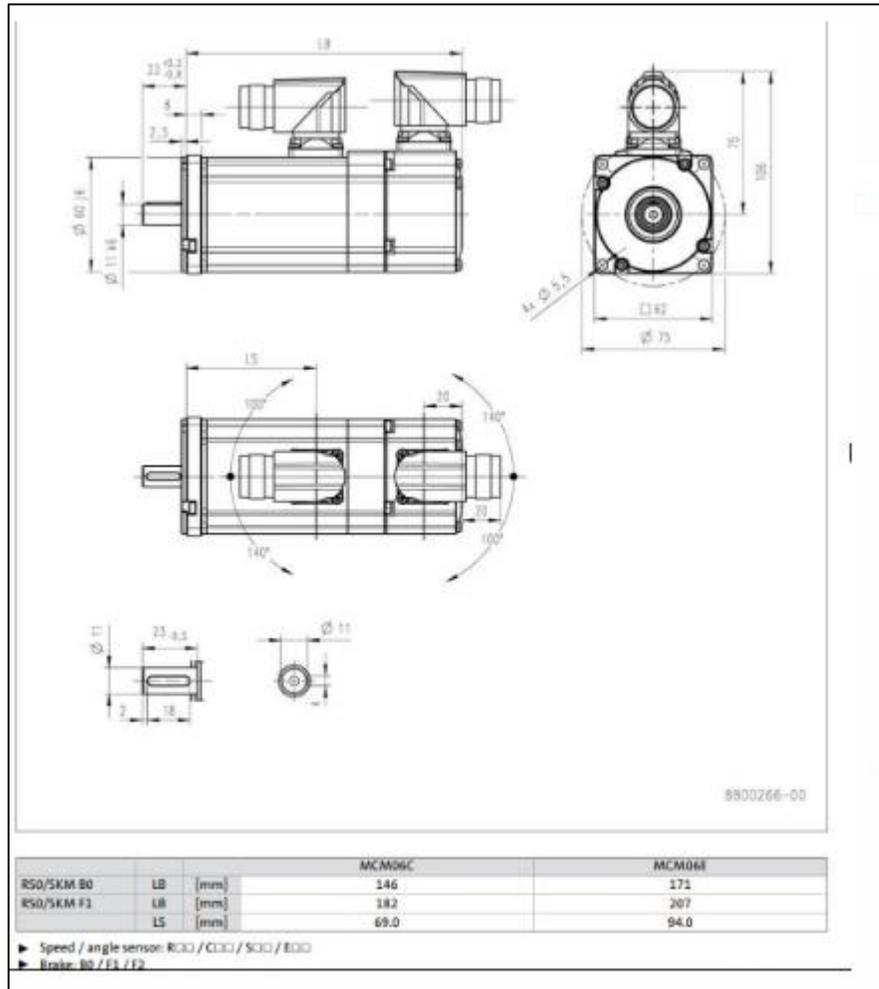
Fuente: Lenze. Automation systems drive solutions. Controls interver motors gearboxes engineering tools. [citado 2 de abril 2018]. Disponible en: https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/CAT_MT_MC_13513046_en_GB.pdf.

ANEXO F. SERVOMOTOR DIMENSIONES



Fuente: Lenze. Automation systems drive solutions. Controls interver motors gearboxes engineering tools. [citado 2 de abril 2018]. Disponible en: https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/CAT_MT_MC_13513046_en_GB.pdf.

ANEXO G. DIMENSIONES GENERALES DEL SERVOMOTOR



Fuente: Lenze. Automation systems drive solutions. Controls interver motors gearboxes engineering tools. [citado 2 de abril 2018]. Disponible en: https://www.lenze.com/fileadmin/lenze/documents/en/catalogue/CAT_MT_MC_13513046_en_GB.pdf.

ANEXO H.
PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE 304

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

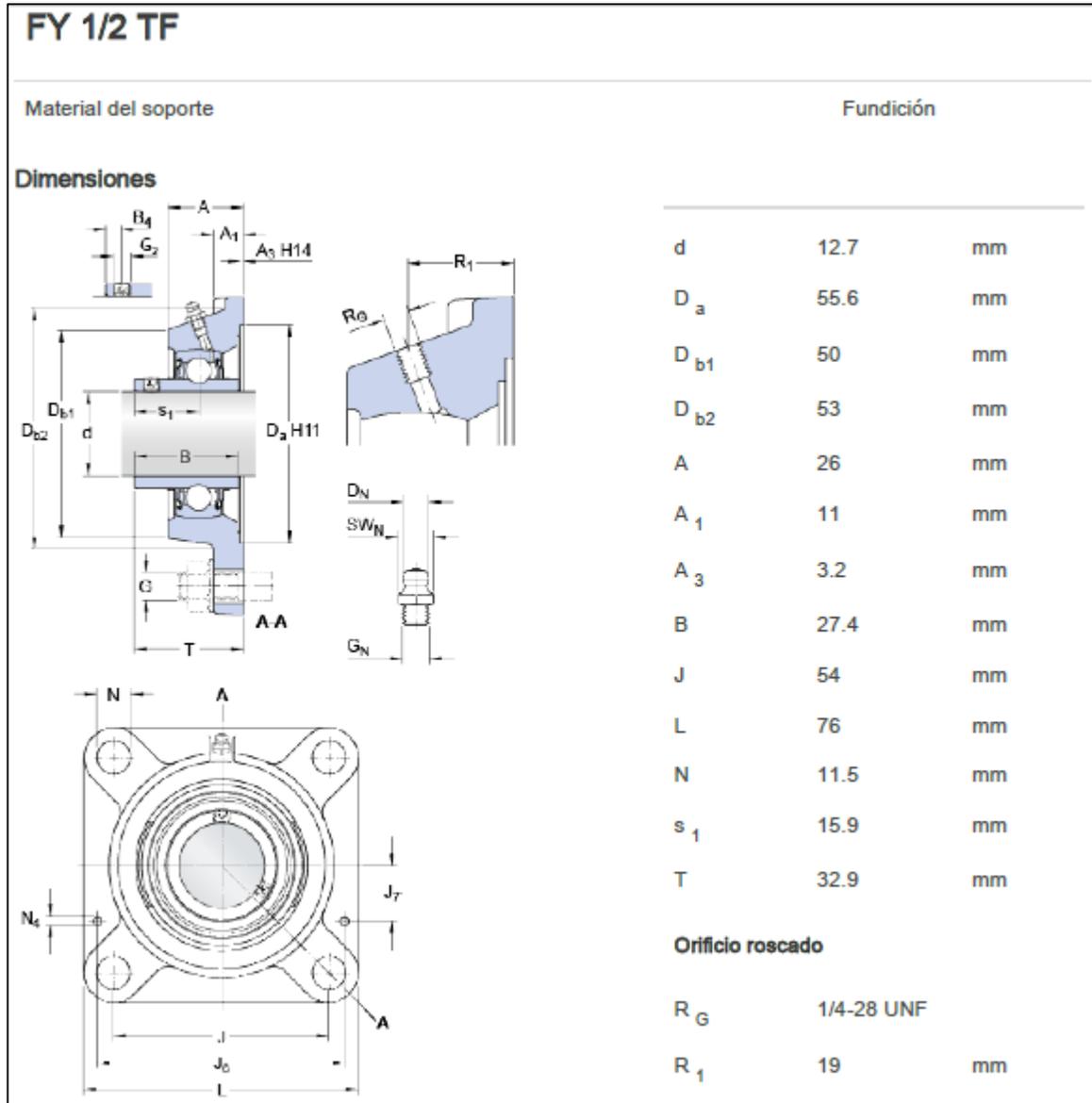
Fuente: Goodfellow. Información de materiales. Acero inoxidable- AISI 304. [Citado 18 de febrero 2018]. Disponible en: <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html>.

ANEXO I. CUÑEROS Y CUÑAS

TABLA DE LOS CUÑEROS Y CUÑAS ESTANDAR EN PULGADAS DE SECCIÓN CUADRADA		Diámetro del eje (pulg)	Anchura y profundidad del cuñero (pulg)	Cuña de sección cuadrada (pulg)	Diámetro del prisionero (pulg)	
SECCIÓN CUADRADA		1/2 a 5/8	1/8 x 1/16	1/8 x 1/8	3/16	
		5/8+ a 7/8	3/16 x 3/32	3/16 x 3/16	3/16	
		7/8+ a 1-1/4	1/4 x 1/8	1/4 x 1/4	1/4	
		1-1/4+ a 1-3/8	5/16 x 5/32	5/16 x 5/16	5/16	
		1-3/8+ a 1-3/4	3/8 x 3/16	3/8 x 3/8	3/8	
		1-3/4+ a 2-1/4	1/2 x 1/4	1/2 x 1/2	1/2	
		2-1/4+ a 2-3/4	5/8 x 5/16	5/8 x 5/8	5/8	
		2-3/4+ a 3-1/4	3/4 x 3/8	3/4 x 3/4	5/8	
		3-1/4+ a 3-3/4	7/8 x 7/16	7/8 x 7/8	3/4	
		3-3/4+ a 4-1/2	1 x 1/2	1 x 1	3/4	
		4-1/2+ a 5-1/2	1-1/4 x 5/8	1-1/4 x 1-1/4	7/8	
		5-1/2+ a 6-1/2	1-1/2 x 3/4	1-1/2 x 1-1/2	1	
		6-1/2+ a 7-1/2	1-3/4 x 7/8	1-3/4 x 1-3/4	1-1/4	
		7-1/2+ a 9	2 x 1	2 x 2	1-1/4	
		9+ a 11	2-1/2 x 1-1/4	2-1/2 x 2-1/2	1-1/4	
	TABLA DE LOS CUÑEROS Y CUÑAS ESTÁNDAR EN PULGADAS DE SECCIÓN RECTANGULAR		Diámetro del eje (pulg)	Anchura y profundidad del cuñero (pulg)	Cuña de sección rectangular (pulg)	Diámetro del prisionero (pulg)
SECCIÓN RECTANGULAR		7/8	3/16 x 1/16	3/16 x 1/8	1/4	
		7/8+ a 1-1/4	1/4 x 3/32	1/4 x 3/16	3/8	
		1-1/4+ a 1-3/8	5/16 x 1/8	5/16 x 1/4	3/8	
		1-3/8+ a 1-3/4	3/8 x 1/8	3/8 x 1/4	3/8	
		1-3/4+ a 2-1/4	1/2 x 3/16	1/2 x 3/8	1/2	
		2-1/4+ a 2-3/4	5/8 x 7/32	5/8 x 7/16	5/8	
		2-3/4+ a 3-1/4	3/4 x 1/4	3/4 x 1/2	5/8	
		3-1/4+ a 3-3/4	7/8 x 5/16	7/8 x 5/8	3/4	
		3-3/4+ a 4-1/2	1 x 3/8	1 x 3/8	3/4	
		4-1/2+ a 5-1/2	1-1/4 x 7/16	1-1/4 x 7/8	7/8	
		5-1/2+ a 6-1/2	1-1/2 x 1/2	1-1/2 x 1	1	
		6-1/2+ a 7-1/2	1-3/4 x 3/4	1-3/4 x 1-1/2	1-1/4	
		7-1/2+ a 9	2 x 3/4	2 x 1-1/2	1-1/4	
		9+ a 11	2-1/2 x 7/8	2-1/2 x 1-3/4	1-1/4	

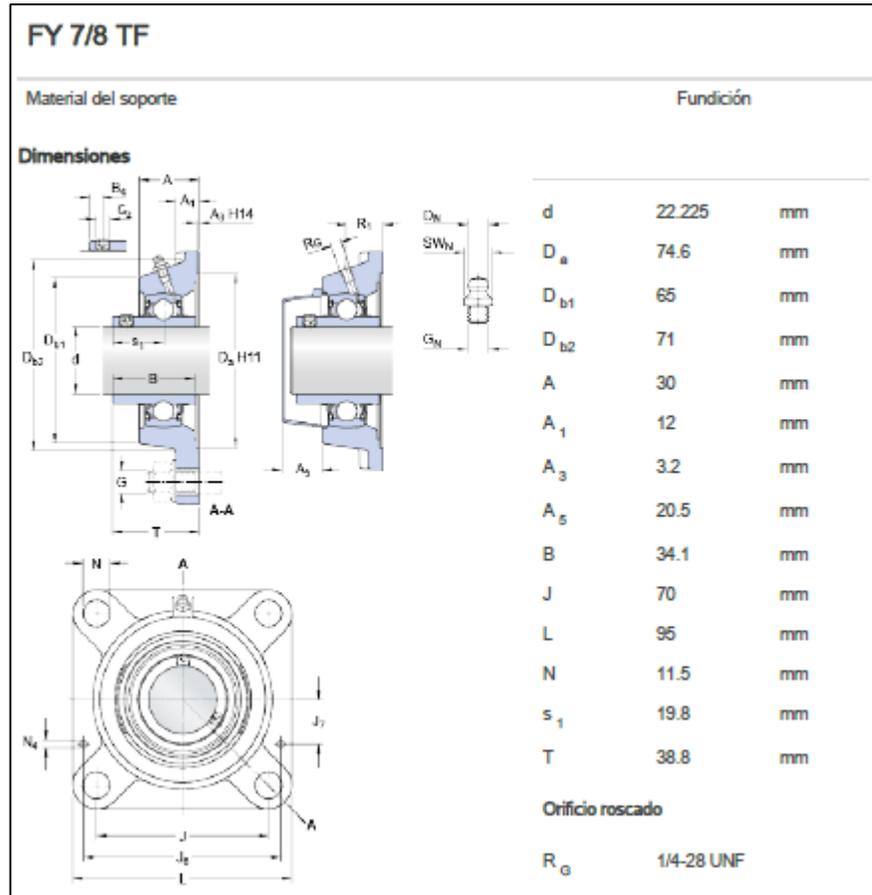
Fuente: Intermecc. Estándares de cuñas y cuñeros. [citado el 22 de abril del 2018].
Disponible en: https://www.intermecc.com.co/pdf/cunas_y_cuneros_estandar.pdf.

ANEXO J.
RODAMIENTO DE 1/2 IN



Fuente: SKF. Catálogo de Rodamientos. [citado en 19 de marzo del 2018].
Disponible en: http://www.skf.com/binary/89-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf.

ANEXO K.
RODAMIENTO 7/8 IN



Fuente: SKF. Catálogo de Rodamientos. [citado en 19 de marzo del 2018]. Disponible en: http://www.skf.com/binary/89-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf.

ANEXO L.
PRODUCTOS DAKOTA

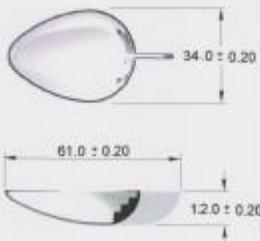
LINEA DOSIFICADORES

CUCHARA DOSIFICADORA 

Información Técnica

Material	Poliestireno Cristal
Peso	2.0 ± 0.2 g
Dosificación	5, 2.5 y 1.25 cc.
Capacidad al Rebose	8.2 ± 0.5 ml.

Dimensiones



 **DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.**
NIT. 630.131.374-2 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12-37
Tel./Phone: + 57.1 2621580
Fax: + 57.1 4945316
E-mail: dakoplasti@hotmail.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO M.
TAPAS

LINEA TAPAS

TAPA PICO



Información Técnica

Material	Polipropileno
Peso Conjunto	2.90 g
Rosca	24 / 410
Torque de Cierre*	10-18 Pulg/Libra

* Fuente: Plastic Bottle Corporation (Torque general)

Dimensiones



 **DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.**
NIT. 830.131.374-0 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12-37
Tel / Phone + 57.1.2621580
Fax + 57.1.4945516
E-mail: dakoplast@hotmial.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO N.
TAPA DISCO

LINEA TAPAS

TAPA DISCO TOP

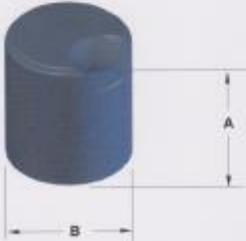


Información Técnica

Tipo	Material	Peso	Torque de Cierre*
Disc Top 24/410 mm Corta	Polipropileno	4.10 g.	10-18 Pulg/Libra
Disc Top 24/415 mm Larga		5.10 g.	
Disc Top 28/410 mm Corta		6.40 g.	12-21 Pulg/Libra
Disc Top 28/415 mm Larga		7.10 g.	

* Fuente: Plastic Bottle Corporation (Torque general)

Dimensiones



	A	B
Disc Top 24/410 mm Corta	26.50	27.00
Disc Top 24/415 mm Larga	29.70	23.41
Disc Top 28/410 mm Corta	32.00	31.60
Disc Top 28/415 mm Larga	40.00	31.60

DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

NT. 820.131.374-2 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12-37
Tel./Phone: + 57.1.3621580
Fax: + 57.1.4945336
E-mail: dakopltda@hotmail.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO O.
TAPA HONGO

LINEA TAPAS

TAPA HONGO

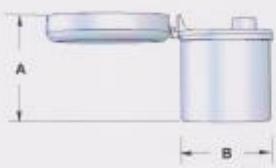


Información Técnica

Tipo	Material	Peso	Torque de Cierre*
Tapa Hongo 24/415 mm	Polipropileno	5.50 g.	10-18 Pulg/Libra
Tapa Hongo 28/415 mm		7.80 g.	12-21 Pulg/Libra

* Fuente: Plastic Bottle Corporation (Tirzuc general)

Dimensiones



	A	B
Tapa Hongo 24/415 mm	32.20	27.50
Tapa Hongo 28/415 mm	35.00	31.00

DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

NIT. 830.131.374-2 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12 -37
Tel./Phone: + 57.1 2621990
Fax: + 57.1 4945316
E-mail: dakopl@t@hotmail.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO P.
TAPA PUSH DOWN

LINEA TAPAS

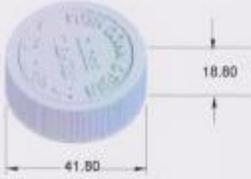
TAPA PUSH DOWN



Información Técnica

	<i>Tapa Interna</i>	<i>Tapa Externa</i>
Material	Polipropileno	Polipropileno
Peso	3.10 ± 0.15 g	3.10 ± 0.15g

Dimensiones



Tapa 38mm de Rosca
Peso Total: 6.20 ± 0.30 g

 **DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.**
NIT. 830.131.374-2 - REGIMEN COMUN

CARRERA 67 No. 12-37
Tel / Phone + 57 1 2621590
Fax + 57 1 4945316
E-mail: dakoplast@bnetmail.com
Bogotá, D.C. Colombia

Fuente: DAKOTA PLÁSTICOS LTDA.

ANEXO Q.
EMPACADORA



Bogotá, D.C. abril 25 de 2018

Señores
DAKOTA PLASTICOS
Atn: ANDRES LIEVANO
Jefe de Producción
Ciudad

ASUNTO:
EMPACADORA AUTOMÁTICA FLOW PACK REF. EUR-250-D



E-mail: ventas@intertec.com.co Cra 29C No. 71-16 Tel : 300 32 92 Bogotá.

Fuente: INTERTEC. COTIZACIÓN.

ANEXO R.
ESPECIFICACIONES EMPAQUETADORA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

• Dimensiones máx. de la bolsa	Largo: 9 ~ 20 cms Ancho: 3 ~ 11 cms. Máx. 6 cm alto.
• Ancho del film	Máx. 25 cms.
• Velocidad de empaque	15 a 180 paq / min.
• Dimensiones de la máquina	377 * 64 * 145 cms
• Peso de la máquina	800 Kgs
• Potencia máxima instalada	4.8 Kw.
• Altura de trabajo	Aprox. 90 cms.
• Tensión de alimentación	220 V - 3 Ph
• Materiales de empaque	Termosellables laminados.

Fuente: INTERTEC. COTIZACIÓN.

ANEXO S. SOLDADURA

Soldadura INDURA

ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES

INDURA 308L - AWS E-308L-16

Descripción:
El electrodo 308L posee un revestimiento rutílico, lo que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo. Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray, cuyo depósito es de excelente forma y apariencia. La escoria se desprende fácilmente, además de tener muy buena reanudación de arco por lo que se aconseja usarlo en soldadura intermitente. El depósito es de acero inoxidable austenítico.

Características:

- Electrodo para aceros inoxidable austeníticos
- Revestimiento rutílico. Color blanco
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna (CCEP, CA)
- Resistente a la corrosión intergranular

Usos:
El electrodo 308L ha sido diseñado principalmente para soldar aceros inoxidable austeníticos con un contenido extra bajo de carbono.

Aplicaciones Típicas:

- Aceros inox. 304, 304L, 308, 308L, 321, 347, 348
- Equipos químicos y petroquímicos
- Estantes que contengan productos químicos corrosivos





COMPOSICION QUIMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,02%
Mn	0,63%
Si	0,76 %
P	0,025%
S	0,008%
Cr	18,7%
Ni	10,0%
Mo	0,18%

CARACTERISTICAS TIPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Resistencia a la Tracción	560 Mpa
Agrietamiento en 50 mm	41%

AMPERAJES RECOMENDADOS									
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo mm	Amperaje		Electrodo x kg aproximad o	Kg/Caja
			pulg	mm		min	max		
2000325	E 308 L	E 308 L	3/32	2,4	300	60	90	59	25
2000326	E 308 L	E 308 L	1/8	3,2	350	80	120	31	25
2000327	E 308 L	E 308 L	5/32	4	350	120	150	21	25
2000153	E 308 L	E 308 L	3/16	4,8	350	150	190	10	25
2002060	E 308 L	E 308 L (1Kg)	1/8	3,2	350	80	120		25
2001741	E 308 L	E 308 L (1Kg)	3/32	2,4	300	60	90		25

Fuente: Indura. Manual de sistemas y materiales de soldadura. Soldadura. [citado 22 e mayo del 2018]. Disponible en: <http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F00da6ac5e6754e428ecd94f1c78711cb.pdf>.