

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA PARA JABÓN  
EN POLVO

DAVID ORLANDO ORTIZ MARTINEZ  
CRISTIAN DAVID ZAMBRANO GALEANO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.017

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA PARA JABÓN  
EN POLVO

DAVID ORLANDO ORTIZ MARTINEZ  
CRISTIAN DAVID ZAMBRANO GALEANO

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  
2.017

Nota de aceptación:

---

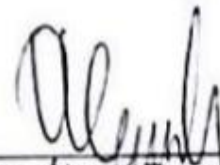
---

---

---

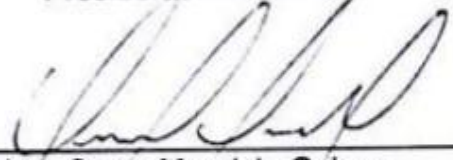
---

---



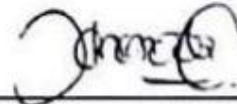
---

Ing. Alvaro Romero Suárez  
Presidente del Jurado



---

Ing. Oscar Mauricio Ochoa  
Jurado 1



---

Ing. Scherazada Calderón  
Jurado 2

Bogotá D.C. 3 de Febrero de 2.017

## 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

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

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.

Dedico este logro a mis padres y a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron, aconsejaron y me acompañaron a lo largo de este proceso.

David Orlando Ortiz Martínez

Este trabajo va dedicado principalmente a mi madre, ya que fue la persona que me dio su apoyo moral y económico, gracias a sus consejos que me guiaron por el camino al cual me llevo a cumplir esta meta tan importante en mi vida. Quiero también darle gracias a mí a familia pero en especial a mis hermanitas Talíha y Valentina ya que gracias a su apoyo no me rendí para llegar hasta este punto. Quiero agradecerle a mi amigo Diego Rojas y a su madre Mahegny Montealegre por su apoyo moral y académico, por haberme brindado de su tiempo para aclarar dudas sobre la carrera y por no dejarme derrumbar en ciertos momentos. Agradecerle a mi amiga Diana Murcia que me dio su alegría para seguir adelante y no dejarme decaer en momentos difíciles durante la carrera. A mi amigo de la universidad Juan Mejía con el cual compartimos varias materias de la carrera y fue un gran apoyo académico durante mi carrera. Dedicarle este triunfo a esa persona que compartió conmigo durante dos años y medio de mi carrera, que me regalo su apoyo incondicional en todo momento. Por ultimo agradecer a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo, sus consejos y acompañaron durante el proceso de mi carrera.

Cristian David Zambrano Galeano

Le agradecemos a nuestro orientador el Ingeniero Álvaro Romero 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 como profesionales aportándonos día a día sus conocimientos.

Adicionalmente a nuestros padres quienes siempre estuvieron ahí, apoyándonos tanto moral como económicamente durante el desarrollo de nuestro proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. GENERALIDADES DEL JABÓN	24
1.1 PROCESO	24
1.1.1 Etapas del proceso	24
1.2 DEFINICIÓN DEL JABÓN EN POLVO	24
1.3 COMPONENTES DE LOS DETERGENTES	25
1.3.1 Surfactantes	25
1.3.2 Agentes secuestrantes mejoradores	25
1.3.3 Agentes dispersantes de jabones de calcio	25
2. CONCEPTUALIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	26
2.1 DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS	26
2.2 TIPOS DE DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS	26
2.2.1 Dosificador de tornillo	27
2.2.2 Dosificador alveolar	28
2.2.3 Dosificadores de banda rodante	28
2.2.4 Dosificador de vasos	29
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS	30
3. REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DEL DISEÑO	31
3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA	31
3.2 REQUERIMIENTOS DEL JABÓN	32
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA	32
4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	33
4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	33
4.1.1 Alternativa 1	34
4.1.2 Alternativa 2	35
4.1.3 Alternativa 3	35
4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	36
4.2.1 Método de selección	36
4.2.2 Definición de los criterios	37
5. DISEÑO DEL DOSIFICADOR	41
5.1 PARÁMETROS DEL JABÓN	45
5.2 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y PREPARACIÓN	50



5.2.1 Tolva	50
5.2.2 Agitador	54
5.2.2.1 Aspas	54
5.2.2.2 Motor	62
5.2.2.3 Eje Soporte	65
5.2.2.4 Pernos Unión Eje - Acople Aspas y Eje - Acople Motriz	67
5.2.2.5 Verificación del eje macizo	71
5.2.2.6 Pieza de ensamble Eje-Aspa	73
5.2.2.7 Pieza de ensamble Acople Motor-Eje	77
5.2.2.8 Acople Mecánico Motor	80
5.2.3 Diseño Compuerta Dosificación	82
5.2.3.1 Diseño Compuerta	82
5.2.3.2 Selección Sistema Neumático	87
5.2.3.3 Diseño Guía Superior y Pernos de Anclaje	89
5.2.3.4 Diseño Soporte Pistón	95
5.2.4 Disco Dosificador	102
5.2.4.1 Soporte Disco Dosificador	106
5.2.4.2 Motor Accionamiento Sistema	110
5.2.4.3 Eje Accionamiento	112
5.2.4.4 Pernos Unión Eje - Acople Disco Dosificador	113
5.2.4.5 Selección Rodamiento Soporte	117
5.2.4.6 Verificación del Eje Accionamiento (Torsión)	119
5.2.4.7 Verificación del Eje Accionamiento (Compresión)	121
5.2.5 Cálculo Elementos Estructurales Críticos	125
5.2.5.1 Viga Soporte Tolva	125
5.2.5.2 Columna Soporte Principal	129
5.2.5.3 Soldadura Columna Soporte Principal	133
6. SIMULACIÓN ESTRUCTURA	138
6.1 ANCLAJE DE LA MÁQUINA	144
7. MANUALES	150
7.1 MANUAL DE INSTALACIÓN	150
7.1.2 Dosificación	153
7.1.3 Entrega	156
7.2 MANUAL DE OPERACIÓN	156

7.2.1 Pasos para la operación de la máquina	157
7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	159
7.4 MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	163
7.4.1 Riesgos eléctricos	163
7.4.2 Las medidas de protección de riesgos eléctricos	164
7.4.3 Riesgos físicos	167
7.4.4 Medidas de protección y prevención para riesgo físico	167
7.4.5 Señales de prohibición	167
7.4.6 Riesgo auditivo	168
7.4.7 Medidas de prevención y protección de riesgos auditivos	169
8. IMPACTO AMBIENTAL	170
8.1 PRÁCTICAS GENERALES	170
8.2 ACTIVIDADES CONTROLADAS	171
8.3 REVISIÓN AMBIENTAL PRELIMINAR	172
8.4 ASPECTOS AMBIENTALES	172
8.5 MATRIZ DE LEOLPOLD	174
9. EVALUACIÓN FINANCIERA	177
9.1 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE FABRICACIÓN	177
9.2 COMPARACIÓN MÁQUINA DEL MERCADO	180
9.3 ANÁLISIS COMPARATIVO	181
10. CONCLUSIONES	183
11. RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA	185
ANEXOS	180

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Especificaciones del diseño	33
Cuadro 2. Criterios de evaluación	37
Cuadro 3. Calificación numérica	37
Cuadro 4. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 1	37
Cuadro 5. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 2	38
Cuadro 6. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 3	39
Cuadro 7. Calificación	39
Cuadro 8. Porcentajes de ponderación de los criterios	40
Cuadro 9. Matriz de selección de alternativas	40
Cuadro 10. Prueba de jabón Ariel	46
Cuadro 11. Prueba de laboratorio jabón Dersa	47
Cuadro 12. Prueba de laboratorio jabón Rindex	47
Cuadro 13. Ángulo media jabón Dersa	49
Cuadro 14. Ángulo media jabón Ariel	49
Cuadro 15. Ángulo media jabón Rindex	50
Cuadro 16. Primera iteración	53
Cuadro 17. Segunda iteración	53
Cuadro 18. Dimensiones finales	54
Cuadro 19. Descripción de los pernos	68
Cuadro 20. Selección perno para anclaje de eje macizo	70
Cuadro 21. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo	71
Cuadro 22. Selección perno para anclaje de eje macizo	92
Cuadro 23. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo	92
Cuadro 24. Número de vasos vs volumen total disponible	105
Cuadro 25. Descripción de los pernos	114
Cuadro 26. Selección de perfil	129
Cuadro 27. Selección de perfil	132
Cuadro 28. Tipo de soldadura seleccionada	137
Cuadro 29. Espesor de placa	137
Cuadro 30. Ponderación diámetro anclaje	148
Cuadro 31. Proceso de operación	157
Cuadro 32. Actividades de mantenimiento	160
Cuadro 33. Actividad de inspección	161
Cuadro 34. Actividad de ajuste	162
Cuadro 35. Actividad de limpieza	162
Cuadro 36. Matriz de Leopold	175

Cuadro 37. Costos de ingeniería	177
Cuadro 38. Mano de obra	179
Cuadro 39. Costo total de inversión	179
Cuadro 40. Ficha técnica máquina diseñada (proyecto)	180
Cuadro 41. Ficha técnica máquina A	181
Cuadro 42. Diferencia precio máquinas	181
Cuadro 43. Costo operación de la máquina	182

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características motor seleccionado	65
Tabla 2. Selección factor de servicio	80
Tabla 3. Capacidad par de acoplamiento de flexión	81
Tabla 4. Tolerancias acoplamiento de desalineación	81
Tabla 5. Configuración cilindro normalizado	88
Tabla 6. Perfil ángulo L	110
Tabla 7. Selección motor-reductor	111
Tabla 8. Selección motor reductor (2)	111
Tabla 9. Selección perno para anclaje de eje macizo	117
Tabla 10. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo	117
Tabla 11. Selección rodamiento de rodillos	118
Tabla 12. Materiales para pernos de anclaje	146
Tabla 13. Características de instalación	148
Tabla 14. Costos de los materiales para construcción	178

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Dosificador de tornillo	27
Imagen 2. Dosificador de compuerta Rotativa	28
Imagen 3. Dosificador de banda rodante	29
Imagen 4. Dosificador de vasos	29
Imagen 5. Partes dosificador	31
Imagen 6. Dosificador alveolar	34
Imagen 7. Motor reductor	34
Imagen 8. Dosificador	35
Imagen 9. Dosificador tornillos	36
Imagen 10. Diseño funcional disco dosificador	44
Imagen 11. Vista superior	44
Imagen 12. Vista frontal	45
Imagen 13. Vista lateral	45
Imagen 14. Bascula de la prueba	46
Imagen 15. Muestra ángulo de reposo del jabón	48
Imagen 16. Medición de altura del jabón	48
Imagen 17. Tolva	51
Imagen 18. Geometría de la tolva	52
Imagen 19. Agitador	54
Imagen 20. Aspas	55
Imagen 21. Dimensionamiento jabón a desplazar	55
Imagen 22. Diagrama aspa 1	57
Imagen 23. Diagrama cortante aspa 1	58
Imagen 24. Diagrama momento flector aspa 1	58
Imagen 25. Diagrama aspa 2	60
Imagen 26. Diagrama cortante aspa 2	60
Imagen 27. Diagrama flector máximo aspa 2	61
Imagen 28. Motor agitador	62
Imagen 29. Eje soporte aspas	66
Imagen 30. Pernos unión eje	68
Imagen 31. Verificación eje macizo 1	71
Imagen 32. Momento sobre eje 1	72
Imagen 33. Esfuerzo Von Mises eje	72
Imagen 34. Ensamble eje aspas	73
Imagen 35. Restricciones de acople	74
Imagen 36. Restricciones momento acople	74

Imagen 37. Simulación Von Mises	75
Imagen 38. Simulación desplazamiento	75
Imagen 39. Simulación factor de seguridad	76
Imagen 40. Soldadura acople	76
Imagen 41. Ensamble acople motor - eje	77
Imagen 42. Restricciones orificios tornillos	77
Imagen 43. Restricciones momentos cilindro	78
Imagen 44. Simulación Von Mises	78
Imagen 45. Simulación desplazamiento	79
Imagen 46. Simulación factor de seguridad	79
Imagen 47. Acople mecánico motor	80
Imagen 48. Tolerancias	81
Imagen 49. Compuerta dosificación	82
Imagen 50. Compuerta	82
Imagen 51. Dimensiones para el cálculo de la carga sobre la compuerta	83
Imagen 52. Carga y método de soporte de la compuerta	85
Imagen 53. Cargas compuerta	85
Imagen 54. Simulación Von Mises compuerta	86
Imagen 55. Simulación desplazamiento compuerta	86
Imagen 56. Simulación factor de seguridad compuerta	87
Imagen 57. Sistema neumático	87
Imagen 58. Guía superior y pernos de anclaje	89
Imagen 59. Restricciones en los agujeros pernos anclaje	93
Imagen 60. Carga sobre agujeros de anclaje	93
Imagen 61. Simulación Von Mises	94
Imagen 62. Simulación desplazamiento	94
Imagen 63. Simulación Factor de seguridad perno	95
Imagen 64. Soporte pistón	95
Imagen 65. Restricciones carga del pistón	96
Imagen 66. Cargas peso pistón	96
Imagen 67. Cargas soporte pistón	97
Imagen 68. Simulación Von mises soporte pistón	97
Imagen 69. Simulación desplazamiento	98
Imagen 70. Simulación Factor de seguridad soporte pistón	98
Imagen 71. Guía inferior	99
Imagen 72. Restricciones perno inferior	100
Imagen 73. Cargas perno inferior	100
Imagen 74. Inspección Von mises	101
Imagen 75. Simulación desplazamiento	101

Imagen 76. Simulación factor de seguridad	102
Imagen 77. Disco dosificador	102
Imagen 78. Diámetro vasos volumétricos	103
Imagen 79. Distancia eje motor-vaso	104
Imagen 80. Soporte Disco dosificador	106
Imagen 81. Diagrama cargas actuantes viga soporte	107
Imagen 82. Diagrama cortante sobre la viga soporte	108
Imagen 83. Momento flector viga soporte	108
Imagen 84. Motoreductor accionamiento disco	110
Imagen 85. Eje de accionamiento disco	112
Imagen 86. Pernos unión eje-acople	114
Imagen 87. Rodamiento soporte	118
Imagen 88. Verificación eje-accionamiento (torsión)	119
Imagen 89. Restricción aplicación de momento en el eje	120
Imagen 90. Esfuerzo Von mises	120
Imagen 91. Verificación compresión eje accionamiento	121
Imagen 92. Aplicación de carga eje accionamiento	121
Imagen 93. Esfuerzos Von mises	122
Imagen 94. Pieza de ensamble disco dosificador	122
Imagen 95. Restricciones en la cara perfil soporte	123
Imagen 96. Momento en el cilindro	123
Imagen 97. Simulación Von mises	124
Imagen 98. Simulación desplazamiento	124
Imagen 99. Simulación factor de seguridad	125
Imagen 100. Viga soporte tolva	126
Imagen 101. Carga sobre la viga	126
Imagen 102. Diagrama cortante viga	127
Imagen 103. Momento flector máximo viga	127
Imagen 104. Columna soporte principal	130
Imagen 105. Selección de factor columna	130
Imagen 106. Soporte principal apoyo 45°	133
Imagen 107. Selección de soldadura para mordazas	134
Imagen 108. Dimensiones viga	134
Imagen 109. Parte inferior estructura	138
Imagen 110. Carga relacionada agitador	138
Imagen 111. Cargas relacionadas tolva	139
Imagen 112. Cargas relacionadas disco dosificador	139
Imagen 113. Cargas relacionadas motor	140
Imagen 114. Esfuerzo sobre estructura	140



Imagen 115. Desplazamiento máximo	141
Imagen 116. Ajustes estructura	141
Imagen 117. Viga de apoyo angulada	142
Imagen 118. Simulación von mises	142
Imagen 119. Simulación desplazamiento	143
Imagen 120. Factor de seguridad	143
Imagen 121. Anclaje de expansión	144
Imagen 122. Estructura del dosificador completa	145
Imagen 123. Estructura	147
Imagen 124. Acople motor - eje	150
Imagen 125. Acople motor estructura	151
Imagen 126. Acople eje - aspas	151
Imagen 127. Atornillado aspas - eje	151
Imagen 128. Tornillería tolva partes laterales y	152
Imagen 129. Tornillería tolva parte posterior	152
Imagen 130. Acople compuerta de dosificación	153
Imagen 131. Soporte pistón	154
Imagen 132. Acople tornillos disco dosificador-	154
Imagen 133. Acople soldadura disco dosificador	155
Imagen 134. Acople Motor reductor- disco dosificador	155
Imagen 135. Dimensiones raspador	156
Imagen 136. Tolva de alimentación	158
Imagen 137. Acople del motor	158
Imagen 138. Cilindro neumático	158
Imagen 139. Disco y vasos de dosificación	159
Imagen 140. Señal advertencia de riesgo eléctrico	164
Imagen 141. Señal de obligación de protección	165
Imagen 142. Señal obligatoria de	166
Imagen 143. Señal uso obligatorio	166
Imagen 144. Señal obligatoria para protección del cuerpo	167
Imagen 145. Señal prohibido fumar	168
Imagen 146. Señal prohibido quitar protección	168
Imagen 147. Señal protección auditiva	169

## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Flujo de operación y proceso de la Dosificadora	41
Diagrama 2. Sistemas de la máquina	42

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Ángulo aspa	54

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Marco jurídico	170

## RESUMEN

Se identificó que las pequeñas empresas que comercializan productos de aseo están en el objetivo de encontrar avances en la tecnificación del proceso de llenado que se está realizando de manera manual. Puesto que en los productos de aseo se debe realizar el proceso de llenado de manera exacta con la cantidad y peso determinado en cada uno de ellos. Ya diagnosticada la situación actual del proceso, se planteó y evaluó alternativas de diseño para dicha máquina gracias a la información encontrada en libros de diseño, tesis y páginas de internet. Posteriormente se procedió a seleccionar la alternativa más apropiada para este tipo de proceso.

El funcionamiento de la alternativa escogida se evaluó mediante el programa de análisis de elementos finitos, comprobando los cálculos ya realizados. Se elaboraron los planos de fabricación, ensamble, montaje, eléctricos y neumáticos; luego se realizaron los manuales de instalación, operación y mantenimiento. Por último se elaboró la evaluación financiera del proyecto para comprobar su viabilidad, teniendo en cuenta las pequeñas industrias, en las cuales se pensó para la realización de este proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Máquina, dosificador, volumétrico.

## INTRODUCCIÓN

La *importancia* de este proyecto se basa en el diseño de una máquina dosificadora de jabón, que permite aumentar la eficiencia, evitando mayores requerimientos de personal que la empresa no puede sostener económicamente, garantizando el peso y la tecnificación de los procesos productivos en términos de tiempo, promoviendo el crecimiento económico.

Actualmente al observar la creación de nuevas empresas en el país, las cuales tienen la necesidad de encontrar nuevas tecnologías que estén a la vanguardia de grandes industrias ayudando a su tecnificación, puesto que algunos momentos en la producción dependen de la velocidad con la que el operario ejecuta dichos métodos a nivel manual. Dado lo anterior, el objetivo del proyecto se centra en el diseño de una máquina dosificadora volumétrica para jabón en polvo la cual pretende mejorar los tiempos de fabricación de este producto.

El *origen* de este trabajo se genera en la problemática del proceso actual de producción de jabón en polvo, directamente en la distribución manual de algunas microempresas en las que aún se evidencia.

Estos procesos afectan de manera directa la eficiencia necesaria, puesto que los diversos momentos del proceso dependen del estado en el que se encuentra la persona, en algunos casos requiriendo más personal para suplir la necesidad de pérdidas en los tiempos esperados.

El *objetivo* de este proyecto es el “Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo”. Para el cumplimiento de tal propósito, se deben tener en cuenta los siguientes objetivos específicos;

- ✓ Evaluar los sistemas de dosificación volumétrica en las industrias del jabón en polvo y productos similares
- ✓ Determinar las características de los materiales a dosificar
- ✓ Plantear y evaluar las alternativas para el diseño del alimentador
- ✓ Conceptualizar y parametrizar el proceso y la alternativa elegida
- ✓ Desarrollar la ingeniería de detalle
- ✓ Efectuar la simulación por elementos finitos del subsistema más importante
- ✓ Elaborar los planos de fabricación, ensamble, montaje y ubicación de la máquina

- ✓ Elaborar los planos, neumáticos y/o hidráulicos, eléctricos y de automatización
- ✓ Elaborar los Manuales de Montaje, Operación, Mantenimiento y Seguridad industrial
- ✓ Elaborar el estudio de impacto ambiental de la fabricación de la máquina y su operación
- ✓ Realizar la Evaluación Financiera

El *alcance* de este proyecto está enmarcado exclusivamente en el diseño de una Máquina de dosificación volumétrica, la cual busca en la optimización de los procesos de cantidad precisa y empaque de jabón en polvo.

No obstante, debido a que este diseño es netamente teórico, se intenta dejar lo más cercano posible a sus condiciones reales, tomando como referencia los medios actuales de la producción. Por razones de tiempo y recursos se escribirán exclusivamente los manuales de operación.

El *significado* que tiene este trabajo de grado es la solución al problema en el proceso de dosificación de jabón en polvo que algunas empresas aún presentan.

La *aplicación* de este proyecto será para las industrias de productos de aseo y en las cuales se encuentran diferentes compuestos granulométricos que tienen como finalidad diferentes usos de acuerdo a las necesidades del consumidor.

Su enfoque principal será el cálculo y el diseño del dosificador. Se va a desarrollar un diseño evaluado por sistemas de simulación y modelamiento.

No se construirá la máquina ni algún prototipo, no se aplicará la máquina para una empresa específica sino como oportunidad de negocio de los autores solo del diseño y la simulación que consiste en realizar un documento que contenga la selección, diseño y automatización de la dosificadora. Esto se debe a la limitación de tiempo y presupuesto lo que no hace posible la construcción del prototipo.

## 1. GENERALIDADES DEL JABÓN

### 1.1 PROCESO

1.1.1 Etapas del proceso. El proceso para la producción del detergente se divide en 4 etapas principales;

- ✓ Pre – adición: Primera etapa del proceso de producción. Esta etapa es denominada mezcla húmeda debido a que trabaja con líquidos, con soluciones acuosas y agua
- ✓ Secado: Este proceso se realiza con el fin de disminuir la humedad que contiene la pasta “slurry” proveniente de la etapa anterior, este proceso se realiza en una torre de aspersión o dispersión. Una vez culminado el proceso dentro de la torre, el producto pasa por un conducto de enfriamiento
- ✓ Pos – adición: Debido a que la pasta que sale de la etapa anterior, se considera un polvo seco debido al bajo porcentaje de humedad que contiene (aproximadamente un 10% de humedad), la siguiente operación consiste en el tamizado con el objetivo de determinar cuáles partículas de las disponibles cumplen con las especificaciones establecidas para la producción que para el caso particular de la planta que se está diseñando, corresponde a las partículas con un tamaño entre 0,5 y 1  $\mu\text{m}$

Una vez el producto pasa correctamente el proceso de tamizado, se adicionan algunos otros insumos entre los que se encuentran las enzimas y los perfumes para mejorar el aspecto del producto en otro tipo de agitador, obteniendo el detergente en polvo como producto final

- ✓ Envasado: Consiste en un sistema de operaciones unitarias mecánicas que se encargan de disponer el detergente en el tipo de envase requerido por cada empresa o fabricante del detergente en polvo, de acuerdo a las especificaciones establecidas. El alcance del presente proyecto solo cubre esta etapa

### 1.2 DEFINICIÓN DEL JABÓN EN POLVO

Los detergentes son unas sustancias químicas que tienen la capacidad de deshacer o separar la suciedad que está en la superficie de un objeto sin dañarlo ni corroerlo.

Los detergentes tendrán una estructura la cual se compone de dos partes: parte hidrofílica, parte lipofílica.

- ✓ Parte hidrofílica: tiene afinidad con el agua y le da a los detergentes las características de mantener sus capacidades limpiadores en el agua



- ✓ Parte lipofílica: tiene afinidad con aceites y grasas, se encarga de ubicarlos cuando se aplica el detergente

### 1.3 COMPONENTES DE LOS DETERGENTES

Para lograr sus características de limpiador, un detergente debe producir numerosos fenómenos, los cuales dependen en general del tipo de sustrato, del tipo de sucio y de las condiciones. Así se han diseñado fórmulas específicas capaces de actuar con eficiencia en casos particulares, y fórmulas generales con resultados más o menos satisfactorios en la mayoría de los casos.

En estas formulaciones entran un gran número de componentes cuyos papeles se complementan uno a otro, a menudo con un efecto de sinergia, es decir un resultado mejor que la suma de los efectos independientes de cada uno de los componentes. A continuación se mencionan los diferentes tipos de componentes que se encuentran en formulaciones detergentes y el papel que juegan.

1.3.1 Surfactantes. Los surfactantes aniónicos (sulfonatos, ester-sulfatos, jabones) y noiónicos (alcoholes o fenoles etoxilados) actúan como agentes de mojabilidad del sustrato, rebajan la tensión interfacial, se adsorben y cambian el potencial superficial, emulsionan el sucio líquido, y dispersan las partículas sólidas<sup>1</sup>.

1.3.2 Agentes secuestrantes mejoradores. Estos agentes tienen como propósito mejorar la acción limpiadora del surfactante mediante varios efectos. La eliminación se hace en forma de solubilización, precipitación, o intercambio iónico. Existen dos tipos de agentes mejoradores: *los inorgánicos y los orgánicos*. Los más utilizados en la actualidad son los agentes mejoradores inorgánicos solubles, principalmente fosfatos, y en menor grado silicatos y carbonatos de sodio, o insolubles.

1.3.3 Agentes dispersantes de jabones de calcio. Muchas formulaciones detergentes líquidas y en polvo para máquina de lavar contienen sales alcalinas de ácidos grasos, es decir jabones cuyo papel es reducir la espuma. Los jabones tienen excelentes propiedades limpiadoras, son seguros y fácilmente biodegradables

---

<sup>1</sup> Surfactantes/[http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S332A\\_Detergentes.pdf](http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S332A_Detergentes.pdf)

## 2. CONCEPTUALIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

El principio de una dosificación es controlar la cantidad de los productos agregados.

La variada gama de dosificadores volumétricos utilizan sistemas como transportadores cintas, tornillos (horizontales o verticales), vasos telescópicos de volumetría variable y otros dispositivos para conducir productos a granel dentro de los empaques, en todas aquellas situaciones donde no se requiere dosificación gravimétrica (por peso).

Los dosificadores son dispositivos utilizados para regular el traslado del producto a las diferentes etapas de un proceso. Están compuestos por motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y/o reguladores.

### 2.1 DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS

Los dosificadores volumétricos son seleccionados con más frecuencia debido a su menor costo y simplicidad. Un dosificador volumétrico emplea un método específico de medir y descargar la cantidad del producto deseado dentro de un rango de caudales variables. Esta medición y descarga se lleva a cabo variando la velocidad de tornillo dosificador;

Para seleccionar el dosificador adecuado, se deben tener en cuenta las siguientes características;

- ✓ Naturaleza y característica de la sustancia a manipular
- ✓ Precisión deseada
- ✓ Traslado de los componentes
- ✓ Cantidad de dosis necesaria
- ✓ Modo de servicio

### 2.2 TIPOS DE DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS

Estos sistemas de dosificación son alimentados por tolvas dotadas con un agitador de paleta para asegurar una alimentación uniforme e impedir que el producto se aglomere o se formen círculos y vacíos.

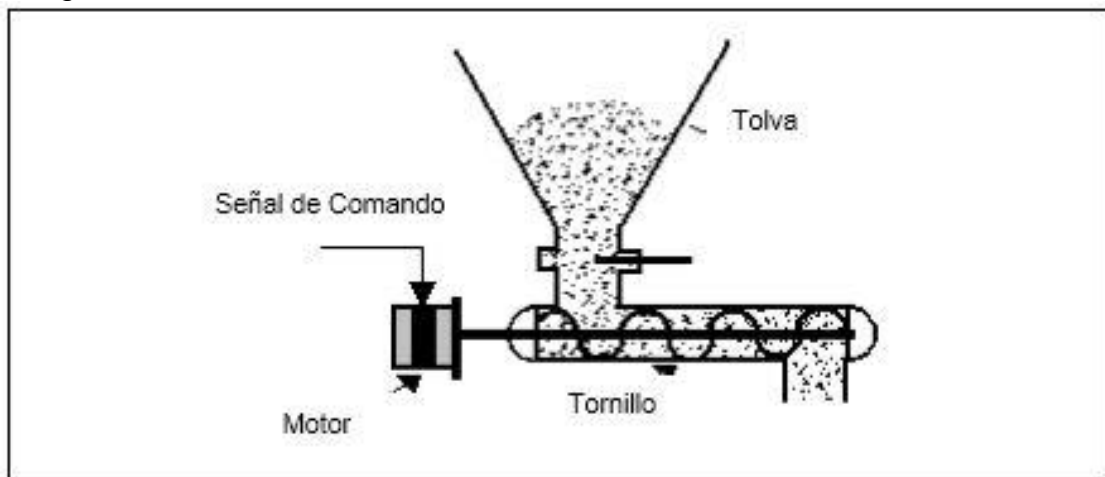
Los mecanismos de dosificación volumétrica más utilizados son los siguientes de acuerdo a sus mecanismos de funcionamiento;

- ✓ Dosificadores de tornillo
- ✓ Dosificador alveolar
- ✓ Dosificadores de banda rodante

La calibración de estos mecanismos deberá ser verificada periódicamente en particular si la masa volumétrica está sujeta a variaciones.

2.2.1 Dosificador de tornillo. En la imagen 1 se ilustra el dosificador que posee como elemento principal un tornillo situado en la parte inferior de la tolva de alimentación y que libera un volumen determinado de producto en cada vuelta.

Imagen 1. Dosificador de tornillo



Fuente: [www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web.ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD\\_zm\\_Cv6g](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web.ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD_zm_Cv6g).

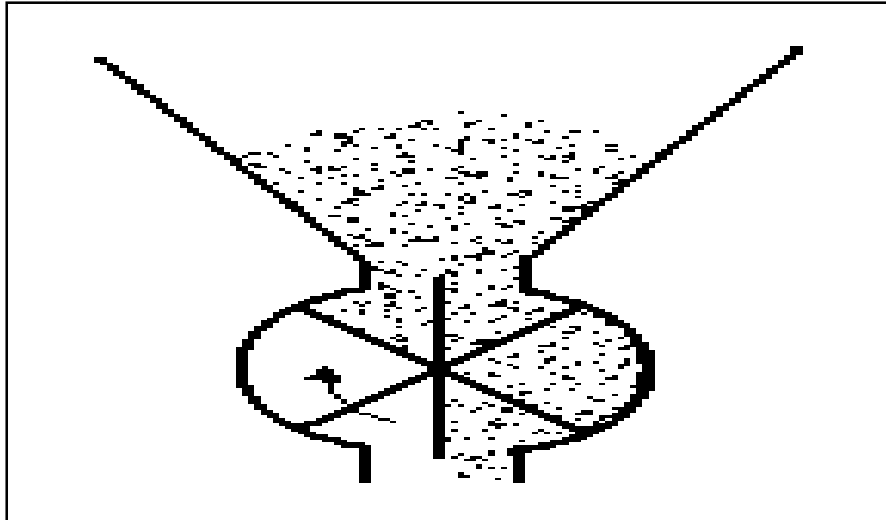
La velocidad de giro del tornillo está dada por un sistema de reducción de velocidad (por engranajes o bandas) agregado a un motor eléctrico o por el acoplamiento del motor a un variador de velocidad. El requerimiento en la dosificación de la sustancia es directamente proporcional a la velocidad del motor. Este mecanismo puede funcionar de manera intermitente o continua.

Este tipo de dosificador es el más utilizado dentro de su clase ya sea por la naturaleza de un producto o por las necesidades en la dosificación y no por la exactitud en el ingreso de la sustancia.

2.2.2 Dosificador alveolar. El dosificador de compuerta rotativa que constituye el elemento principal de este dosificador de construcción simple y robusta, es sin embargo menos preciso que el mecanismo de tornillo.

Para controlar la velocidad del motor este está equipado con una caja reductora o con un variador de velocidad, que permite controlar el movimiento de la compuerta en la entrega del producto como se ilustra en la imagen 2.

Imagen 2. Dosificador de compuerta Rotativa

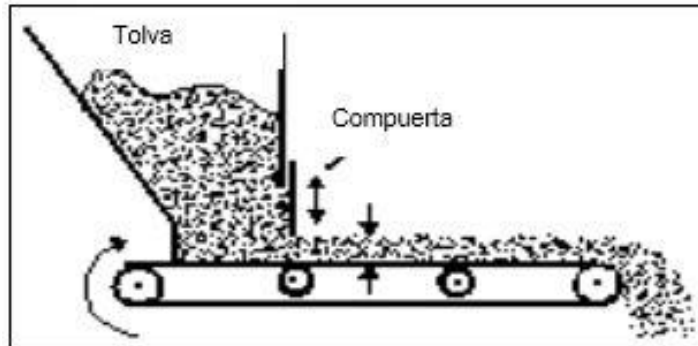


Fuente: [www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web.ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD\\_zm\\_Cv6g](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD_zm_Cv6g).

2.2.3 Dosificadores de banda rodante. En la imagen 3 se muestra el principio de funcionamiento del dosificador de banda o tapiz rodante y su traslado de producto está determinado por dos parámetros;

- ✓ Variar la velocidad de la banda
- ✓ Modificando la cantidad de producto que pasa a la banda por la regulación de la compuerta a la salida de la tolva

Imagen 3. Dosificador de banda rodante



Fuente: [www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&source=web.ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD\\_zm\\_Cv6g](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&source=web.ups.edu.pdf&usg=AFQjCNEO0Z4HK68WO9yKuiCWD_zm_Cv6g)

Este dosificador relativamente simple no conviene para los sólidos de carácter fundible como el carbón activo dado que puede generar problemas de estancamiento.

2.2.4 Dosificador de vasos. En la imagen 4 se ilustra el dosificador volumétrico de vasos apto para la dosificación de productos granulados.

Imagen 4. Dosificador de vasos



Fuente: [www.mftecno.it/es/productos/sistemas-de-dosificacion/dosificadores-Volumétricos](http://www.mftecno.it/es/productos/sistemas-de-dosificacion/dosificadores-Volumétricos)

Este dosificador cuenta con una tolva la cual alimenta en cada uno de los vasos que se encuentra en el disco giratorio.

Este tipo de dosificador es utilizado para productos de forma granular.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS

Los dosificadores garantizan ventajas como velocidad, repetibilidad, gran precisión de dosificación, gracias al control digital de la rotación de los órganos de transporte (tambores de las cintas o tornillos de los transportadores de tornillo) y de dosificación y a la elevada calidad de los componentes utilizados.

Los dosificadores volumétricos se pueden instalar por encima de cualquier envasadora automática, para descargar el producto a través de una tolva de descarga o directamente en la boca de alimentación de una ensacadora semiautomática.

La posibilidad de corrección automática de la dosificación, por medio de un dispositivo de “control del peso” instalado posteriormente a la envasadora e interconectado mediante un software que proporciona datos sobre el peso al microprocesador del dosificador y que está programado para corregir posibles desviaciones con aumentos o reducciones.

Todos los dosificadores pueden fabricarse con las piezas que están en contacto en materiales anti-abrasivos, en acero inoxidable o con tratamientos específicos de teflonado para facilitar el deslizamiento del producto.

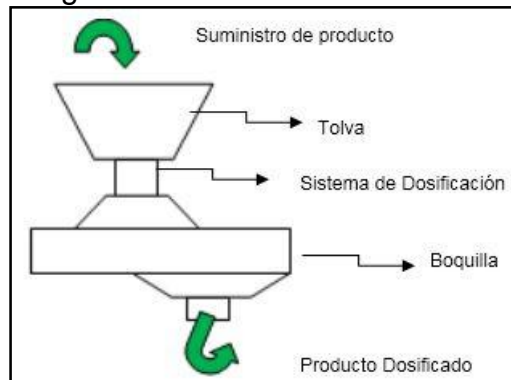
### 3. REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DEL DISEÑO

En este capítulo se analiza la información previamente recopilada y se plantean los parámetros necesarios para el desarrollo del diseño de la máquina y sus respectivos requerimientos funcionales.

#### 3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA

- ✓ Tolva: Tiene como función principal mantener el producto en su interior para ser dosificado. La tolva recibe el producto por medio de una banda transportadora, por un tornillo transportador o de manera manual

Imagen 5. Partes dosificador



Fuente: <http://repository.lasalle.edu/bitstream/handle/10185/16483/0781358.pdf?sequence=1>

- ✓ Sistema dosificador: La parte más importante del dosificador en conjunto es el sistema de dosificación ya que es el encargado de medir y determinar la cantidad del producto y pasar por una tolva que lo dirija al proceso de empaque. Existen dos formas de medición: volumétrica o por peso, la selección de esta dependerá de las características del producto y la exactitud que se requiera
- ✓ Boquilla de descarga: la boquilla es la encargada de impedir que el producto dosificado se riegue o desperdicie, y se dirija correctamente a la bolsa o empaque
- ✓ Dispositivos para transporte de la materia: Los productos granulados en muchas ocasiones tienen dificultad para fluir de los recipientes que los contienen, por este motivo se hace necesario implementar sistemas de ayuda para generar flujo, se encontraron diferentes métodos como: tolvas vibratorias, alimentadores por bandas, alimentadores tornillos sinfín, alimentadores de estrella, de banco y alimentadores vibratorios

- ✓ Materiales en el diseño mecánico: En el momento del diseño de una máquina es de bastante importancia conocer las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los materiales que se usaran para dicho diseño
- ✓ Propiedades físicas: Las propiedades físicas de un material dependen de su estructura cristalina; describen características como el color, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo y comportamiento óptico. Las cuales por lo general no se alteran cuando se aplica una fuerza en el material
- ✓ Propiedades mecánicas: Se detalla la forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, impacto, cíclicas o de fatiga, o resistencia a altas temperaturas

### 3.2 REQUERIMIENTOS DEL JABÓN

Se va utilizar una densidad del jabón de 400 g/L con el fin de llenar más la bolsa con la misma cantidad de jabón con una densidad de 750 g/L para mayor satisfacción del cliente.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA

La producción de la máquina es de 30 unidades por minuto, con una cantidad de 1.000 ml por unidad.

Se debe diseñar una tolva la cual permita el flujo de material sin que haya algún tipo de reposo de este para garantizar el volumen esperado.

La tolva contara con una válvula de control la cual permita una parada o inicio del proceso.

El dosificador y la tolva estarán apoyados por medio de una estructura en cuatro puntos de apoyo.

Se debe contar con un sistema que permita la apertura y el cierre de las tapas ubicadas en la parte inferior de los vasos.

El sistema debe contar con un raspador, el cual permita que el vaso contenga la cantidad de volumen esperado de jabón.

Debe contar con un sistema el cual permita ajustar las revoluciones óptimas teniendo en cuenta el volumen de cada uno de los vasos para procesar la producción esperada.



#### 4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En este capítulo, teniendo en cuenta los requerimientos y parámetros previamente establecidos, se dispone a evaluar las alternativas en la matriz, como se ilustra en el cuadro 3.

##### 4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Aquí se representan las tres alternativas de diseño cumpliendo con los parámetros establecidos previamente para el cumplimiento de las funciones propuestas que se verán en el cuadro 1.

Cuadro 1. Especificaciones del diseño

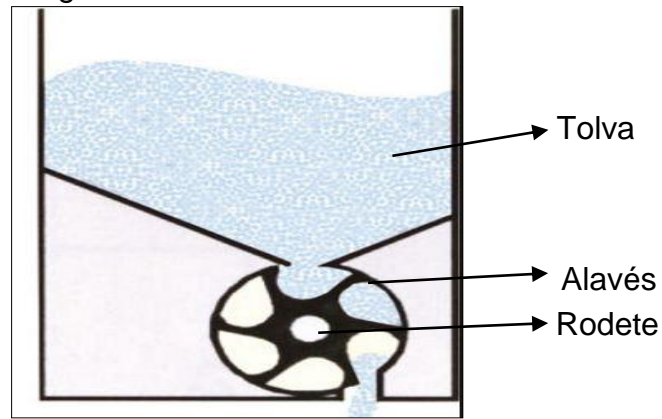
Concepto	R	D	Descripción
Función	X		El cargue del jabón en polvo hacia la tolva se realizará por medio de bandas que lo alimentaran las cuales se encuentran en la planta.
		X	Se asume que el jabón tiene un 10% de humedad.
	X		El control del empaquetado y sellado debe estar bajo el control de un operario.
	X		Se debe controlar la cantidad de volumen del polvo que entra en la tolva y la capacidad de dosificación y debe estar previamente establecido para un control de calidad de la máquina.
Condiciones y características		X	La tolva debe ser pirámide troncada.
	X		El dosificador estará en posición fija, lo que significa que no será portátil.
	X		El sistema debe tener la capacidad para procesar 30 unidades por minuto de 1.000 ml por unidad.
	X		Uso de materiales anticorrosivos para evitar una mala calidad en el producto.
	X		La máquina debe poseer un sellado apropiado para evitar fugas del producto.
Condiciones y características		X	La mayoría de piezas y partes deben estar estandarizadas.
Sistema de accionamiento	X		La dosificadora debe ser operada manualmente.

D: Deseado

R: Requerido

4.1.1 Alternativa 1. Dosificador alveolar, de rueda o de rodillo, tiene como principio dosificar el material de forma continua y limitando el volumen en cada cámara, haciendo que la misma carcasa sirva como rascador. El dosificador contiene un alimentador el cual está unido a una tolva de dimensiones adecuadas, para que este lleve el jabón en polvo e ingrese a un alimentador el cual, administra la materia prima hacia las cámaras como lo indica la imagen 6.

Imagen 6. Dosificador alveolar



Fuente: <http://www.plastico.com/temas/Para-que-existen-distintos-dispositivos-dosificadores-Parte-2+98522>

Una vez finalizado el ingreso del material se encuentra con un rodete y el cilindro de dosificación, este rodete tiene diferentes cavidades las que dividen los alabes que garantizan las cantidades exactas a dosificar. Este girará a una velocidad constante la cual, se puede reducir gracias a un moto reductor.

Imagen 7. Motor reductor



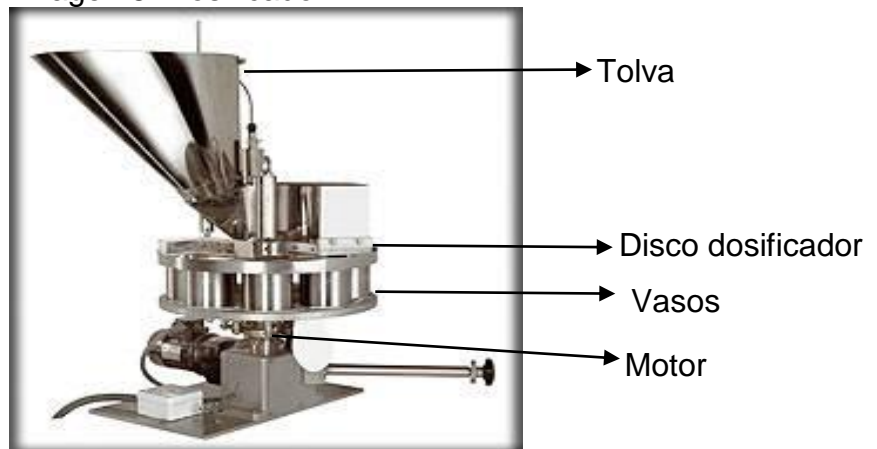
Fuente: <http://www.sitsa.es/es/productos/1-reductores/14-reductores-cyclo-p-111-motorredu>

Las partículas ingresan por la parte superior del alimentador llenando las cavidades entre los alabes del rotor; al girar este, dirige este material a la parte inferior del alimentador donde por medio de la gravedad el material se descarga a la bolsa que sirve como empaque del jabón con el peso exacto.

4.1.2 Alternativa 2. Dosificador volumétrico de disco, también llamada de vasos telescópicos. Tiene como principio hacer girar un disco con velocidad constante, está ubicado debajo de una tolva de almacenamiento la cual tendrá un diseño con una boquilla inferior que direcciona el jabón en polvo a un área del disco, con el fin que la materia prima ingrese a los vasos que tienen un diámetro y altura indicada.

Cuando el material se encuentra dentro de los vasos, una cuchilla hecha de un material específico que tiene el fin resistir la corrosión, raspa los excesos de jabón de cada vaso, esto garantiza la entrega exacta del producto.

Imagen 8. Dosificador

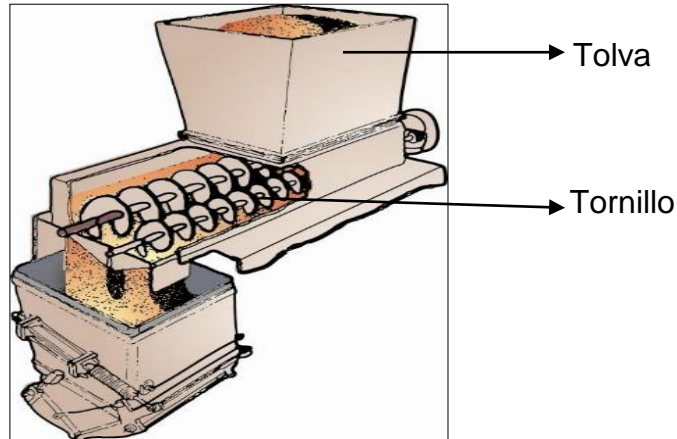


Fuente: <https://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual/Producto-Dosificadores-volumetricos-Tecse-DV-200-123086.html>

Este diseño tiene muchas ventajas puesto que, aparte de garantizar el volumen requerido se puede aumentar la velocidad de producción.

4.1.3 Alternativa 3. Dosificador de Tornillo sin fin. Se inicia por el almacenamiento en una tolva la cual se diseña con una boquilla que viene unida a toda la carcasa del tornillo lo cual garantizar controla un caudal específico, el cual se alimentará e ingresará al sistema del tornillo.

Imagen 9. Dosificador tornillos



Fuente: <http://www.payper.com/dosificaciones-pesaje-envasado>

## 4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se explica de forma breve el método de puntaje ponderado en el cual se va a utilizar para evaluar cada una de las alternativas de diseño y seleccionar la alternativa más adecuada con los parámetros y los requisitos funcionales, el resultado de este método mostrará la alternativa que se irá a desarrollar.

4.2.1 Método de selección. El método de puntaje ponderado se basa en la elaboración de una matriz la cual incluirá las alternativas, los requerimientos y los parámetros que se van a evaluar para buscar la mejor alternativa de diseño. Una vez determinados los criterios de evaluación (cuadro 4), se le asigna un valor numérico de 1 a 5, donde el número 1 será el valor más bajo y el número 5 el valor más alto; dependiendo del cumplimiento de los parámetros y la satisfacción de las necesidades que se muestra en el cuadro 5.

Para asignar la calificación a cada uno de los parámetros se debe realizar un cuadro de ventajas y desventajas para cada una de las alternativas de diseño con relación a los criterios que se van a evaluar, una vez realizado y analizado se determina la calificación como se muestra en los cuadros 6, 7, 8, 9 y 10.

Donde la facilidad de ensamble y construcción comprende todo lo requerido desde la manufactura, soldadura y los diferentes tipos de ensamble. La facilidad de operación está referida a la facilidad que tiene el operario al manipular los

mecanismos que requiera la máquina. La seguridad, está directamente ligada a la protección y/o prevención al operar la máquina. El mantenimiento, tiene en cuenta desde las paradas hasta el posible stock de repuestos e insumos requerido. La efectividad, en el descargue evalúa el tiempo óptimo para el proceso posterior al empaque.

El costo está directamente ligado al ahorro que le genera a la empresa implementar el proyecto.

4.2.2 Definición de los criterios. A continuación se dan a conocer los criterios de evaluación que se tendrán en cuenta para cada alternativa (cuadro 2), calificación numérica que tendrá un rango de 1 a 5 (cuadro 3) y por último se señalarán las ventajas y desventajas que tendrá cada alternativa con su respectiva calificación en los cuadros (cuadro 4).

Cuadro 2. Criterios de evaluación

Número	Criterios de evaluación
1	Facilidad de ensamble o construcción
2	Facilidad de operación
3	Seguridad
4	Mantenimiento
5	Efectividad en el descargue
6	Costo

Cuadro 3. Calificación numérica

Satisfacción de necesidades y cumplimiento de parámetros	
1	Extra baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Extra Alta

Cuadro 4. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 1

Alternativa 1: Dosificador alveolar				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	Aletas removibles	Requiere ajustes por tolerancia	4

Cuadro 4. (Continuación)

Alternativa 1: Dosificador alveolar				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
2	Facilidad de operación	El operario no requiere eliminar material sobrante	Posible desajuste en la aleta que puede generar una sobrepresión en el motor	3
3	Seguridad	Se encuentra sellada y no permite manipulación	Atrapamiento del operario	4
4	Mantenimiento	Tiene partes removibles	Paradas continuas	1
5	Efectividad en el descargue	Entrega de material continuo	Al ser descarga continua se requiere mayor control	4
6	Costo	Mayor vida útil al tener partes removibles	El ajuste de la máquina	2

Cuadro 5. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 2

Alternativa 2: Dosificador volumétrica de disco				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	No se encuentra sellado	Tiene varias partes movibles	2
2	Facilidad de operación	Al no ser sellado es más fácil retirar el material restante	Presenta material sobrante	3
3	Seguridad	Fallas detectables por inspección visual	Las partes movibles se encuentran en forma externa	3
4	Mantenimiento	Fácil acceso	Requiere mayor ajuste	3
5	Efectividad en el descargue	Mejor control en la cantidad del producto	Posible desajuste de la tapa inferior	4
6	Costo	Tiene menor costo en el mantenimiento	Tiene más partes	4

Cuadro 6. Ventajas, desventajas y calificación alternativa 3

Alternativa 3: Dosificadora tornillo sinfín				
Número	Criterio	Ventaja	Desventaja	Calificación
1	Facilidad de ensamble o construcción	No requiere ensamble de una aleta o rascador	Requiere ajustes por tolerancia	4
2	Facilidad de operación	No requiere manipulación del operario	Se presenta una sobre carga por exceso de material	2
3	Seguridad	Se encuentra sellada y no permite manipulación al ser operada	Atrapamiento del operario al realizar mantenimiento	4
4	Mantenimiento	No tiene partes cambiables, por lo tanto es un proceso continuo	Fallas no detectables por inspección visual	2
5	Efectividad en el descargue	Proceso continuo	Poca exactitud en la entrega	2
6	Costo	No tiene partes cambiables	Al momento de ruptura hay que cambiar el sin fin	2

En el cuadro 7 se muestra la calificación asignada a cada una de las alternativas con respecto a sus ventajas y desventajas.

Cuadro 7. Calificación

Número	Criterio	Alternativa		
		1	2	3
1	Facilidad de ensamble o construcción	4	2	4
2	Facilidad de operación	3	3	2
3	Seguridad	4	3	4
4	Mantenimiento	1	3	2
5	Efectividad en el descargue	4	4	2
6	Costo	2	4	2

En el cuadro 8 se muestra el porcentaje asignado de ponderación a cada uno de los criterios dependiendo la importancia en el diseño.

Cuadro 8. Porcentajes de ponderación de los criterios

Número	Criterio	Porcentaje
1	Facilidad de ensamble o construcción	10%
2	Facilidad de operación	18%
3	Seguridad	12%
4	Mantenimiento	10%
5	Efectividad en el descargue	35%
6	Costo	15%

En el cuadro 9 se muestra la matriz de cálculo, en la cual se relacionan los resultados de la calificación asignada a cada uno de los criterios de las tres alternativas, con el porcentaje de ponderación que se le asignó dependiendo de su importancia.

Cuadro 9. Matriz de selección de alternativas

Número	Criterio	Ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Facilidad de ensamble o construcción	10%	0,4	0,2	0,4
2	Facilidad de operación	18%	0,54	0,54	0,36
3	Seguridad	12%	0,48	0,36	0,48
4	Mantenimiento	10%	0,1	0,3	0,2
5	Efectividad en el descargue	35%	1,4	1,4	0,7
6	Costo	15%	0,3	0,6	0,3
Total			3,22	3,4	2,44

La matriz de selección muestra que la mejor alternativa que cumple y satisface los parámetros y requerimientos funcionales es la alternativa número dos, la cual lleva por nombre “Dosificador volumétrico de disco”.



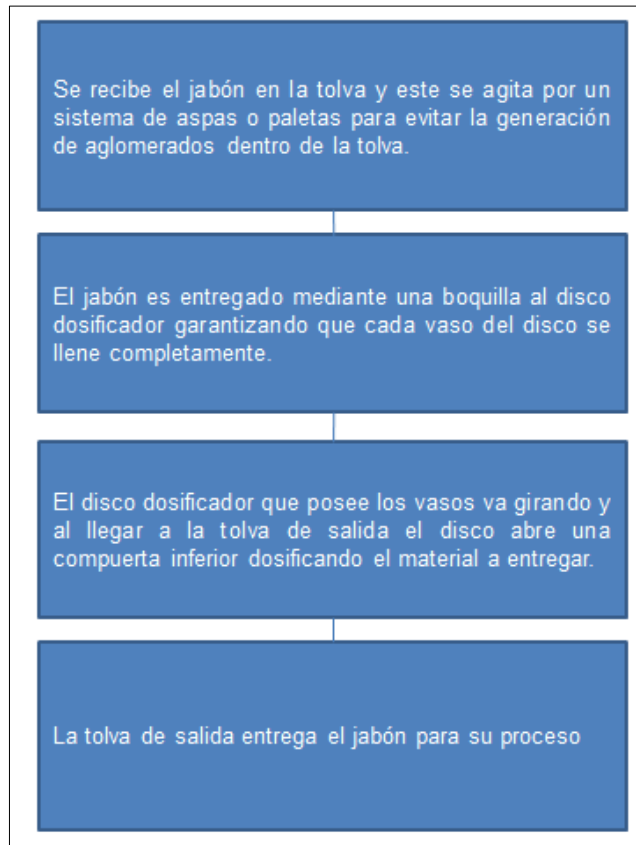
## 5. DISEÑO DEL DOSIFICADOR

Se desarrollará el diseño del dosificador volumétrico, teniendo en cuenta la evaluación de las alternativas propuestas previamente, gracias a la matriz de selección, la cual indicó la mejor alternativa para el producto a dosificar (jabón en polvo).

Los parámetros de diseño a tener cuenta son, la densidad y el volumen de producción que va a manejar (la dosificadora de jabón en polvo) por minuto.

El proceso de funcionamiento y operación del sistema dosificador, se muestra en el diagrama 1.

Diagrama 3. Flujo de operación y proceso de la Dosificadora

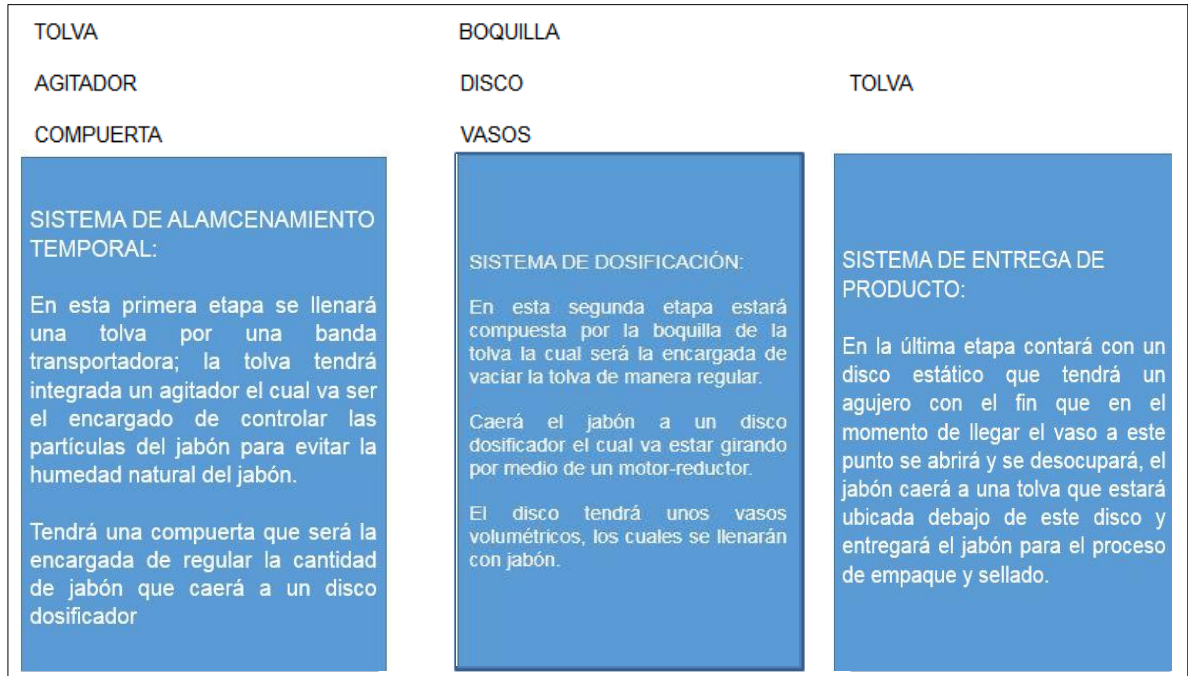


De lo anterior se tiene que el sistema estará compuesto por los siguientes sistemas como se ilustra en el diagrama 2;

- ✓ Sistema de Almacenamiento Temporal (Tolva, Agitador)

- ✓ Sistema de Dosificación (Vasos Dosificadores, Boquilla Conexión)
- ✓ Sistema de Entrega Producto (Disco Dosificador, Tolva Salida)

Diagrama 4. Sistemas de la máquina



- ✓ Tolva de alimentación: Se encarga de almacenar todo el jabón en polvo, sus dimensiones están establecidas para almacenar 450 litros del producto. Todo esto con el fin de que la empresa a la cual le interese el proyecto tenga en cuenta un tiempo de 15 minutos, tiempo en el cual la tolva se llenara en su totalidad
- ✓ Las partes primordiales del subsistema de dosificación: la tolva, el agitador, finales de carrera, el pistón neumático que va unido a una lámina que tiene una abertura la cual el pistón tendrá movimiento y de esta forma entra a manejar las cantidades de producto. El pistón será accionado por unos finales de carrera
- ✓ Agitador: El diseño del agitador nace por la necesidad de controlar las partículas del jabón, puesto que por medio de experimentos de laboratorio, evidencian que después de un tiempo y por su porcentaje de humedad tienden a aglomerarse y esto generaría que no caigan de una forma ordenada, si no por lo contrario se quedan en las paredes de la tolva y agregándole que se van a manejar grandes cantidades en el depósito. Esto lleva a buscar un mecanismo que siempre este en movimiento para que no se logren aglomerar

- ✓ Disco Dosificador: Este sistema trata de un disco giratorio el cual tendrá seis agujeros, a los cuales se acoplan cilindros con unas dimensiones específicas que van a garantizar una precisión en la cantidad de jabón a dosificar

En esta parte de la máquina al igual que en la tolva de alimentación y la escogencia del material son primordiales, ya que estas partes de la máquina son las que van a soportar toda la materia prima y los que están más en contacto con ella, lo que hace que se generen ciertas especificaciones a tener en cuenta tal como que el material no debe reaccionar químicamente con el jabón, debe impedir la proliferación del material, contaminantes

Otra característica muy importante del material, es que debe tener un buen comportamiento con la fricción del disco, con la tolva se busca un mecanismo en el cual se tenga un período prolongado de operación, y el mantenimiento de esto sea muy fácil y práctico

- ✓ Vasos volumétricos: Estos vasos estarán ubicados en el disco dosificador, estos tendrán un volumen fijo para garantizar la cantidad requerida por el fabricante. Estos vasos contarán con unas tapas ubicadas en la parte inferior de cada uno, estas tapas contarán con unos rodamientos que facilitaran la movilidad del disco y disminuir la fricción entre el disco dosificador y el disco estático
- ✓ Disco estático: Es un disco el cual estará ubicado en la parte de abajo del disco dosificador, este no tendrá movimiento y contará con un agujero con el fin de que en el momento de llegar el vaso a este punto, se abrirá por medio de la gravedad y así caerá el jabón a una tolva de salida
- ✓ Tolva de salida: Está encargada de la entrega del producto debidamente dosificado al proceso de empaque y sellado
- ✓ Imagen Funcional: se aprecia a continuación;

Imagen 10. Diseño funcional disco dosificador

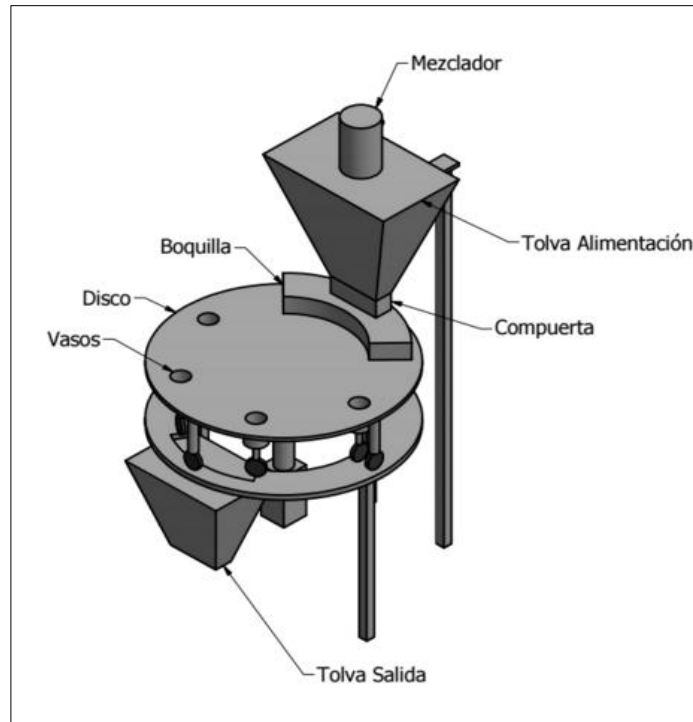


Imagen 11. Vista superior

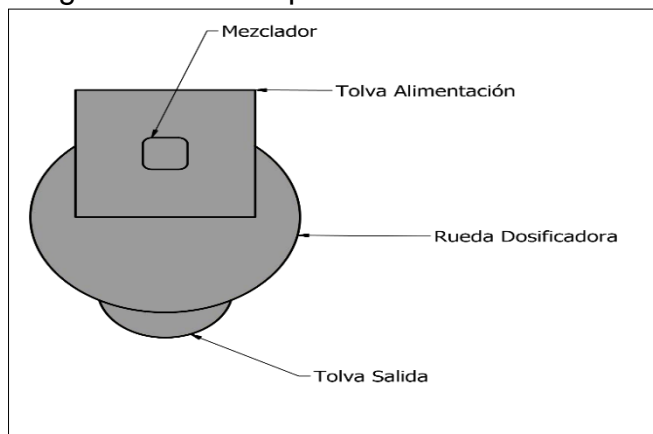


Imagen 12. Vista frontal

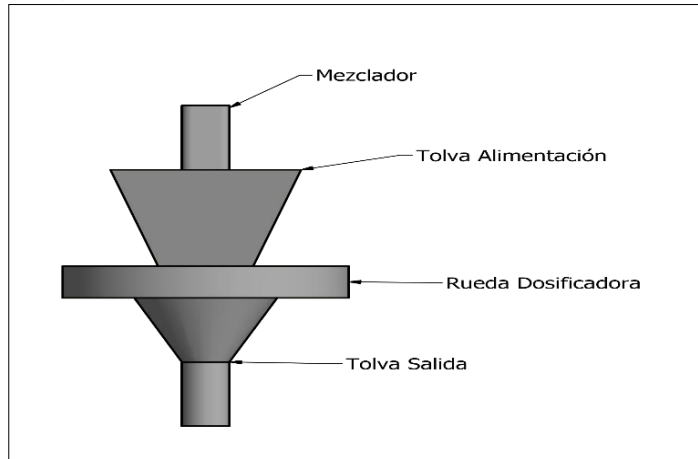
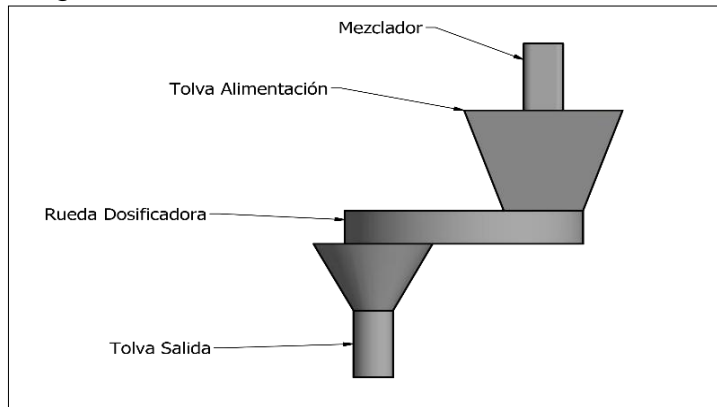


Imagen 13. Vista lateral



## 5.1 PARÁMETROS DEL JABÓN

Debido a las prácticas del laboratorio en las cuales se analizan tres tipos de jabones diferentes, se identificaron las densidades de cada uno, lo que ayuda con el diseño de la tolva, puesto que la tolva va a manejar una densidad igual a 800 gr/l y una producción de 30 litros por minuto.

Para asegurar la alimentación de la tolva se garantiza que siempre este con su medida mínima de los 30 litros por minuto. Se harán los cálculos con 60 litros por minuto, esto con el fin que la alimentación tenga un tiempo máximo de 15 minutos.

Las densidades se miden haciendo uso de un vaso precipitado el cual se descuenta su peso que es de 86,41 gramos para cada prueba a realizar y una báscula (imagen14), se hacen 4 pruebas por cada jabón con diferentes volúmenes todo con

el fin de tener un dato más preciso, se hallaron las densidades de los jabones (Dersa, Rindex y Ariel) y se presentaron los siguientes resultados;

Imagen 14. Bascula de la prueba



Teniendo en cuenta el cálculo para determinar la densidad con la masa y el volumen se obtienen los resultados en el cuadro 10;

Cuadro 10. Prueba de jabón Ariel

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (gr)	Densidad (gr/ml)
1	50	41,35	0,83
2	100	72,36	0,73
3	150	104,57	0,69
4	200	146,30	0,73

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(0,83+0,73+0,69+0,73)g/ml}{4} = 0,74gr/ml$$

En el cuadro 11 se ilustra el promedio de la densidad del jabón Dersa;

Cuadro 11. Prueba de laboratorio jabón Dersa

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (gr)	Densidad (gr/ml)
1	50	23,53	0,47
2	100	37,78	0,38
3	150	56,40	0,38
4	200	74,02	0,37

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(0,47+0,38+0,38+0,37)g/ml}{4} = 0,39 \text{ gr/ml}$$

En el cuadro 12 se ilustra el promedio de la densidad del jabón Rindex;

Cuadro 12. Prueba de laboratorio jabón Rindex

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (gr)	Densidad (gr/ml)
1	50	32,02	0,64
2	100	64,86	0,65
3	150	104,71	0,69
4	200	137,06	0,68

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(0,64+0,65+0,69+0,68)gr/ml}{4} = 0,66 \text{ gr/m}$$

- ✓ Ángulo de reposo. Se realizó el cálculo del ángulo de reposo del jabón en polvo por medio de un ensayo experimental con tres tipos de jabones diferentes (Dersa, Ariel y Rindex), haciendo uso de los siguientes implementos: una hoja blanca, un embudo y un pie de Rey. Se hizo el experimento con dos tipos de diámetros, diámetro 1: 10 cm, diámetro 2: 15 cm, con cada uno de estos ángulos se realizó 10 pruebas y cada una de ellas dará por resultado una altura. En las siguientes tablas se mostraran los resultados obtenidos para cada jabón

Para hallar el ángulo se toma la construcción de un triángulo rectángulo que se forma con el jabón que es de perfil de pirámide con la altura de ella (imagen 16) y el radio del círculo (imagen 15);

Imagen 15. Muestra ángulo de reposo del jabón

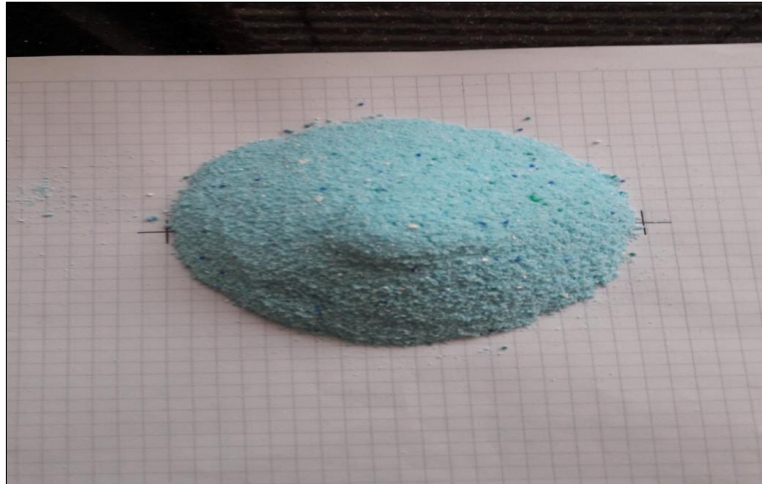


Imagen 16. Medición de altura del jabón



Se calcula en ángulo de acuerdo al teorema de Pitágoras;

Donde;

$$\tan\phi = \frac{C.O}{C.A}$$
$$\phi = \text{TAN} \frac{C.O}{C.A}$$
$$\phi = \text{arctan} \frac{h}{r}$$



Donde;

h: altura del cono en cm

r: radio del cono en cm

Cuadro 13. Ángulo media jabón Dersa

Número de pruebas	D1 h1 (cm)	Ángulo 1 (°)	D2 h2 (cm)	Ángulo 2 (°)	Ángulo media(°)
1	3,03	31,25	4,34	30,06	30,65
2	2,93	30,43	4,48	30,86	30,64
3	3,05	31,37	4,55	31,25	31,31
4	3,11	31,86	4,22	29,36	30,61
5	3,16	32,29	4,38	30,33	31,31
6	3,02	31,16	4,39	30,37	30,76
7	2,95	30,50	4,40	30,42	30,46
8	3,15	32,17	4,57	31,37	31,77
9	2,962	30,64	4,47	30,78	30,71
10	3,071	31,56	4,43	30,61	31,08

Ángulo media total: 30,93°

Desviación estándar: 39,74°

Cuadro 14. Ángulo media jabón Ariel

Número de pruebas	D1 h1 (cm)	Ángulo 1 (°)	D2 h2 (cm)	Ángulo 2 (°)	Ángulo media (°)
1	2,94	30,47	3,85	27,17	28,82
2	3	30,96	4,02	28,19	29,57
3	3,13	32,04	3,82	26,96	29,5
4	3,01	31,05	3,94	27,71	29,38
5	3,15	32,21	3,94	27,75	29,98
6	3,03	31,24	3,91	27,53	29,38
7	2,98	30,80	4,06	28,40	29,6
8	3,02	31,14	3,85	27,14	29,14
9	3,13	32	3,88	27,32	29,66
10	3,03	31,17	3,91	27,54	29,35

Ángulo media total: 29,44°

Desviación estándar: 29,59°

Cuadro 15. Ángulo media jabón Rindex

Número de pruebas	D1 h1 (cm)	Ángulo 1 (°)	D2 h2 (cm)	Ángulo 2 (°)	Ángulo media (°)
1	3,11	31,90	3,80	26,86	29,38
2	3,15	32,23	3,76	26,64	29,43
3	3,09	31,69	3,82	26,98	29,33
4	3,16	32,31	3,83	27,06	29,68
5	3,12	31,95	3,74	26,49	29,22
6	3,04	31,26	3,82	26,99	29,12
7	3,12	31,97	3,75	26,57	29,27
8	2,99	30,84	3,80	26,86	28,85
9	3,16	32,26	3,83	27,02	29,64
10	3,09	31,78	3,78	26,77	29,27

Ángulo media total: 29,32°

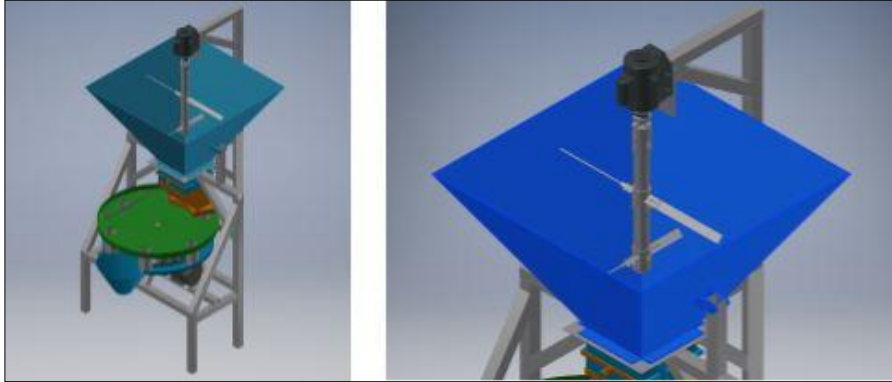
Desviación estándar: 22,88

Ángulo total:  $\frac{(30,93+29,44+29,32)^\circ}{3} = 29,89^\circ \approx 30^\circ$

## 5.2 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y PREPARACIÓN

5.2.1 Tolva. Uno de los requerimientos funcionales de la máquina es una capacidad de 30 Litros por minuto, de tal manera por criterio del diseñador se define que para garantizar un funcionamiento continuo del sistema deberá tener una autonomía de 15 minutos hasta requerir un llenado completo de la tolva.

Imagen 17. Tolva



Por lo anterior se tiene que el volumen de la tolva deberá ser;

$$\begin{aligned}V_{Tol} &= Q * a \\V_{Tol} &= 30 \text{ Lts}/\text{min} * 15 \text{ min} \\V_{Tol} &= 450 \text{ Lts}\end{aligned}$$

Donde;

$V_{Tol}$  = Volumen Tolva  
 $Q$  = Capacidad de Dosificación  
 $a$  = Autonomía del Dosificador

De igual manera, sabiendo que el ángulo de reposo del jabón a dosificar es de  $30^\circ$ , se utiliza un ángulo de  $60^\circ$  para eliminar el riesgo de estancamiento;

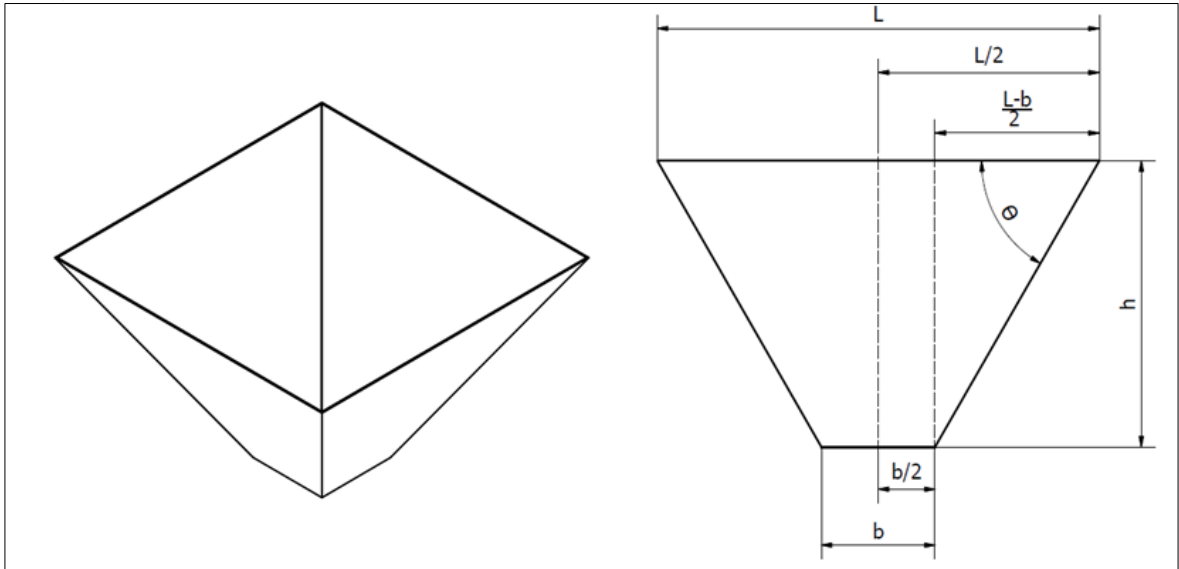
$$\begin{aligned}\theta_{Tol} &= \theta_{Jabón} * F.S. \\ \theta_{Tol} &= 30^\circ * 2 \\ \theta_{Tol} &= 60^\circ\end{aligned}$$

Donde;

$\theta_{Tol}$  = Ángulo Tolva  
 $\theta_{Jabón}$  = Ángulo Reposos del Jabón  
 $F.S.$  = Factor de Seguridad

Para iniciar el diseño se asume un tamaño de boca de salida de 300mm por criterio del diseñador definiendo entonces la geometría de la tolva como la presentada en la imagen 18;

Imagen 18. Geometría de la tolva



Sabiendo que la forma geométrica de la tolva será una pirámide invertida con el dimensionamiento presentado en la imagen 18, se tiene que el volumen de la tolva será;

$$V_{Tol} = \frac{h * (b^2 + L^2 + \sqrt{b^2 * L^2})}{3}$$

De igual forma para poder relacionar el cálculo del volumen de la tolva con el ángulo de la misma, de la imagen 18 se tiene;

$$\tan \theta = \frac{h}{\frac{L-b}{2}} \quad \rightarrow \quad h = \tan \theta * \frac{L-b}{2}$$

De la ecuación de volumen de la tolva y la de altura, se tiene que las incógnitas de ese sistema son h y L, por lo que se realiza un proceso iterativo para encontrar el valor de L que con un ángulo de 60° y un valor b de 300mm de un volumen de 450Lts.

Cuadro 16. Primera iteración

L (m)	b (m)	$\Theta$ (Grados)	h (m)	$V_{tolva}$ (m <sup>3</sup> )	%Error
0,6	0,3	60	0,26	0,05	87,87%
0,7	0,3	60	0,35	0,09	79,72%
0,8	0,3	60	0,43	0,14	68,88%
0,9	0,3	60	0,52	0,20	54,96%
1	0,3	60	0,61	0,28	37,58%
1,1	0,3	60	0,70	0,38	16,34%
1,2	0,3	60	0,78	0,49	9,11%

Para el desarrollo de la primera iteración se inicia en 0,6 m y se termina en 1,2m;

De la primera iteración se obtiene que el volumen de la tolva requerido se encuentra para valores de L entre 1,1 y 1,2 m. por lo que se procede a realizar la siguiente iteración dentro de ese rango.

Cuadro 17. Segunda iteración

L (m)	b (m)	$\Theta$ (Grados)	h (m)	$V_{tolva}$ (m <sup>3</sup> )	%Error
1,10	0,3	60	0,69	0,37	16,34%
1,11	0,3	60	0,70	0,38	13,99%
1,12	0,3	60	0,71	0,39	11,60%
1,13	0,3	60	0,72	0,40	9,17%
1,14	0,3	60	0,73	0,42	6,69%
1,15	0,3	60	0,74	0,43	4,16%
1,16	0,3	60	0,74	0,44	1,60%
1,17	0,3	60	0,75	0,45	1,01%
1,18	0,3	60	0,76	0,46	3,66%
1,19	0,3	60	0,77	0,47	6,37%
1,20	0,3	60	0,77	0,49	9,11%

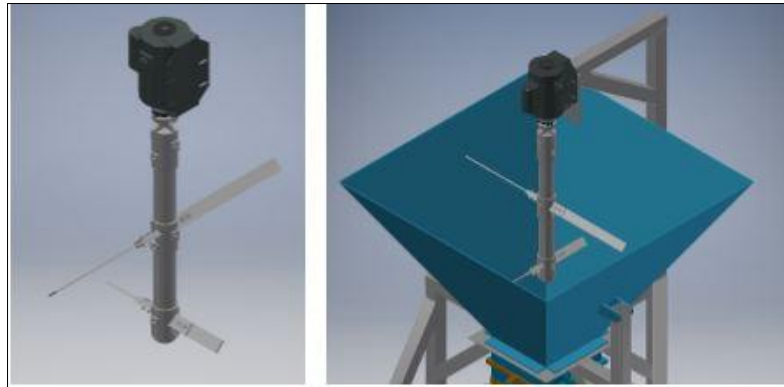
En la segunda iteración se obtiene que para un valor de L de 1,17m el volumen de la tolva sería de 454,55 Litros; es decir que la, desviación respecto al valor de volumen requerido es de 1,01%, por lo que, se tiene que las dimensiones finales de la tolva serán;

Cuadro 18. Dimensiones finales

L (m)	b (m)	$\Theta$ (Grados)	h (m)	$V_{\text{tolva}} (m^3)$
1,17	0,3	60	0,753	0,45

5.2.2 Agitador. En la imagen 19 se ilustra el agitador con la tolva y soporte

Imagen 19. Agitador



5.2.2.1 Aspas. El sistema de aspas estará compuesto por dos pares de aspas con ubicación como lo presenta la imagen 20. Estas aspas estarán posicionadas a  $45^\circ$  para reducir la resistencia con el jabón y garantizar un mejor desplazamiento del material, ver grafica 1.

Grafica 2. Ángulo aspa

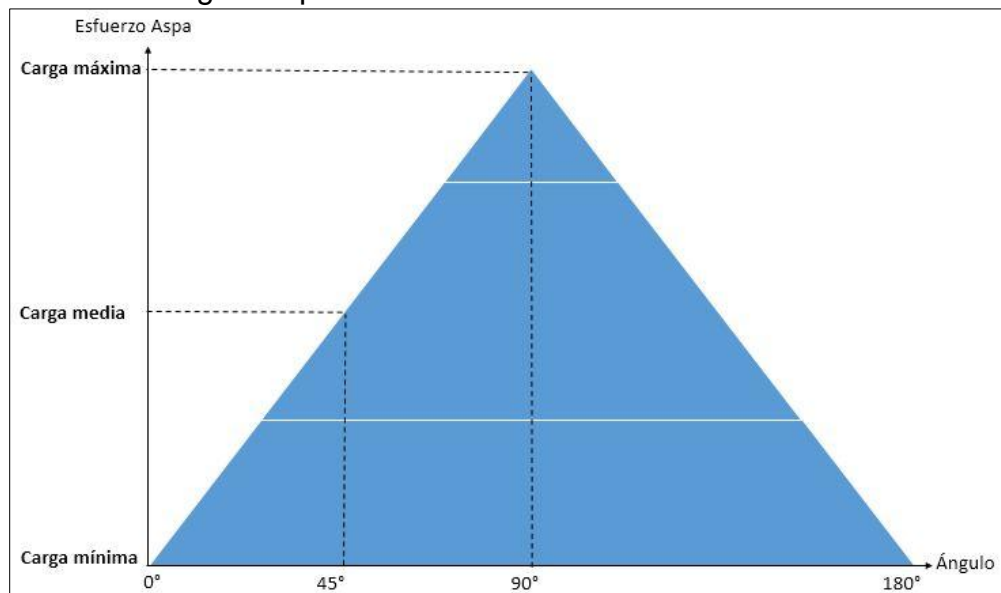
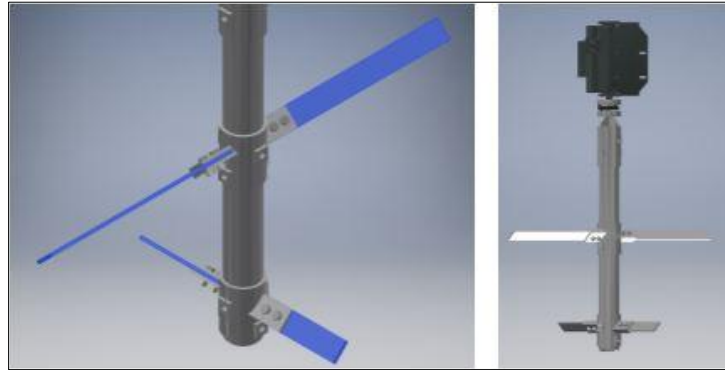
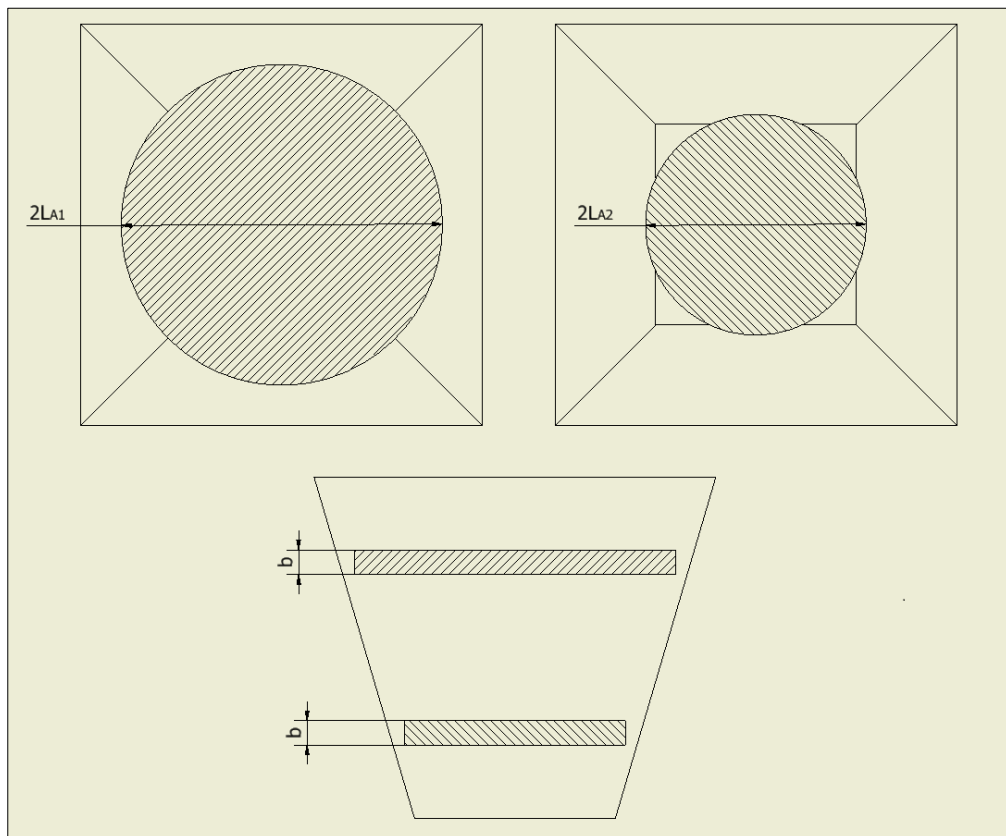


Imagen 20. Aspas



Para el cálculo de resistencia se asume la situación crítica en que cada una de las aspas agitadoras estará sometida a una carga ejercida por la resistencia del jabón a ser desplazado (imagen 21).

Imagen 21. Dimensionamiento jabón a desplazar



De lo anterior se tiene que la cantidad de jabón que ejercerá carga sobre las aspas será de;

$$P_{Jabón\ 1} = (\pi * L_{A1}^2 * b) * \rho_{Jab} * g$$

$$P_{Jabón\ 2} = (\pi * L_{A2}^2 * b) * \rho_{Jab} * g$$

Donde;

$P_{Jabón\ 1}$	= Carga de jabón ejercida sobre el aspa 1
$P_{Jabón\ 2}$	= Carga de jabón ejercida sobre el aspa 2
$L_{A1}$	= Longitud aspa 1
$L_{A2}$	= Longitud aspa 2
$b$	= Alto del aspa (Igual en las dos)
$\rho_{Jab}$	= Densidad jabón
$g$	= Aceleración de la gravedad

Debido a que la carga del jabón aplicada sobre el aspa depende del tamaño del aspa y sabiendo el valor de ancho (a) del aspa, se procede a calcular el alto del aspa (b);

$$\sin \theta = \frac{b}{a} \quad \rightarrow \quad b = a * \sin \theta$$

$$b = 4cm * \sin 45^\circ$$

$$b = 2,82cm$$

Donde;

$b$	= Alto del aspa (Igual en las dos)
$a$	= Ancho del aspa (Igual en las dos)
$\theta$	= Ángulo de montaje del aspa (Igual en las dos)

Teniendo el valor del alto del aspa (b) se procede a calcular las cargas aplicadas sobre el aspa 1;

$$P_{Jabón\ 1} = (\pi * L_{A1}^2 * b) * \rho_{Jab} * g$$

$$P_{Jabón\ 1} = (\pi * (0,450m)^2 * 0,028m) * 668,1 \frac{Kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_{Jabón\ 1} = 12,02 Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_{Jabón\ 1} = 117,966N \simeq 118N$$



Se repite el procedimiento para el aspa 2;

$$P_{Jabón 2} = (\pi * L_{A2}^2 * b) * \rho_{Jab} * g$$

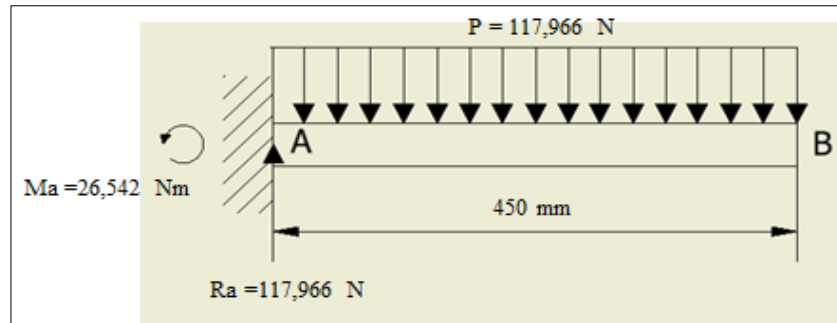
$$P_{Jabón 2} = (\pi * (0,225m)^2 * 0,028m) * 668,1 \text{ Kg}/m^3 * 9,81 \text{ m}/s^2$$

$$P_{Jabón 2} = 3 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m}/s^2$$

$$P_{Jabón 2} = 29,43N \approx 30N$$

Una vez obtenidas las cargas sobre el elemento se calcula el módulo de sección requerida suponiendo el aspa como una viga empotrada en un lado sometidas a las cargas anteriormente calculadas. Se realiza el caculo para el aspa 1;

Imagen 22. Diagrama aspa 1



$$\sum Fy = Ra - P = 0$$

Donde;

Ra =Reacción Apoyo

P = Carga Aplicada

$$Ra - 117,96N = 0$$

$$Ra = 117,96N$$

Se calcula la sumatoria de momentos;

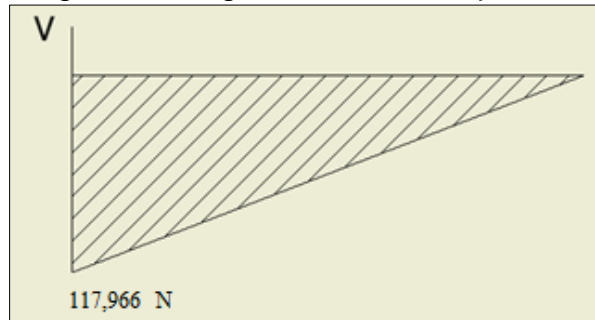
$$\sum^+ Ma = Ma - (Pb * 0,22m) = 0$$

$$Ma - (117,966N * 0,22m) = 0$$

$$Ma = 26,54 \text{ Nm} = M_{max}$$

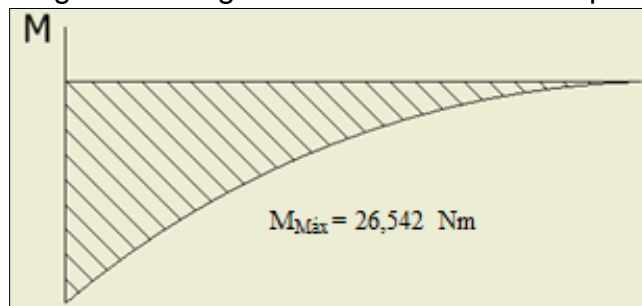
Cuando se tienen las fuerzas que soporta la viga se hace diagrama de cortante;

Imagen 23. Diagrama cortante aspa 1



Se realiza Diagrama de momento flector;

Imagen 24. Diagrama momento flector aspa 1



Se procede a calcular el esfuerzo permisible;

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla

$F.S.$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que el factor seleccionado es 2, ya que según el documento "Fundamentos del diseño mecánico" <sup>2</sup> se conocen los esfuerzos, el entorno y las cargas. Se selecciona como material Acero Inoxidable 304.

<sup>2</sup> Tecnologías de máquinas (s.f) Factor de seguridad. marzo 26, 2016 de Fundamentos del diseño mecánico. Sitio web: [http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1\\_Fundamentos\\_de\\_diseno/03\\_CoeficienteSeguridad.pdf](http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1_Fundamentos_de_diseno/03_CoeficienteSeguridad.pdf)

Entonces;

$$\sigma_{perm} = \frac{310 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 155 \text{ Mpa} * \frac{1'000.000Pa}{1Mpa} = 155'000.000 \text{ Pa}$$

Se procede a calcular el módulo de sección requerido;

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde;

$S_{req}$  = Módulo de sección requerido

$M_{max}$  = Momento flector máximo

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

Entonces;

$$S_{req} = \frac{26,542Nm}{155'000.000Pa} = 1,712x10^{-7}m^3 * \frac{(100cm)^3}{1m^3} = 0,17 \text{ cm}^3$$

Una vez determinado el módulo de sección requerido se procede a calcular el espesor requerido por la platina conociendo la fórmula de cálculo del “Momento de Inercia para una sección rectangular”<sup>3</sup>;

$$S_{Aspa} = \frac{a * e^2}{6} = S_{req} \quad \rightarrow \quad e = \sqrt{\frac{6 * S_{req}}{a}}$$

$$e = \sqrt{\frac{6 * 0,171 \text{ cm}^3}{4cm}}$$

$$e = 0,5064cm = 5,1 \text{ mm}$$

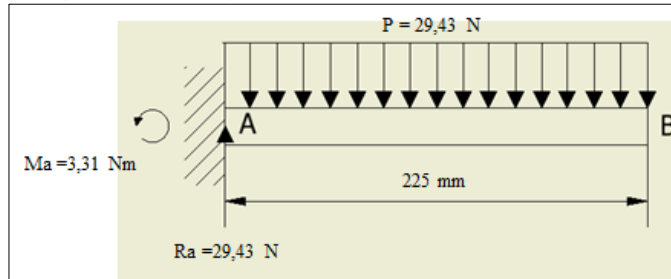
Para garantizar que el aspa cumpla con las condiciones de diseño requeridas se selecciona un espesor de lámina normalizado de 6mm.

Se repite el procedimiento para el cálculo del aspa 2;

---

<sup>3</sup> [https://www.uclm.es/ing\\_rural/calculoestructuras/temas/tema3.PDF](https://www.uclm.es/ing_rural/calculoestructuras/temas/tema3.PDF)

Imagen 25. Diagrama aspa 2



$$\sum F_y = R_a - P = 0$$

Donde;

$R_a$  =Reacción apoyo  
 $P$  = Carga aplicada

$$R_a - 29,43 \text{ N} = 0$$

$$R_a = 29,43 \text{ N}$$

Se calcula la sumatoria de momentos;

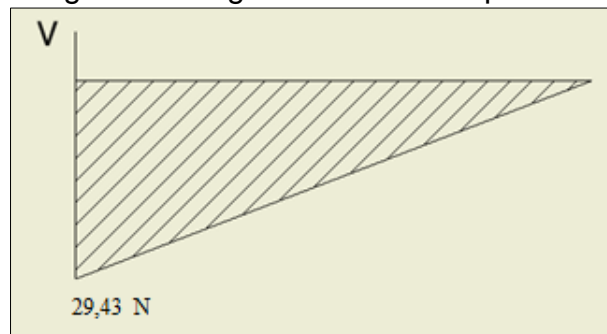
$$\sum^+ M_a = M_a - (Pb * 0,11 \text{ m}) = 0$$

$$M_a - (29,43 \text{ N} * 0,11 \text{ m}) = 0$$

$$M_a = 3,31 \text{ Nm} = M_{max}$$

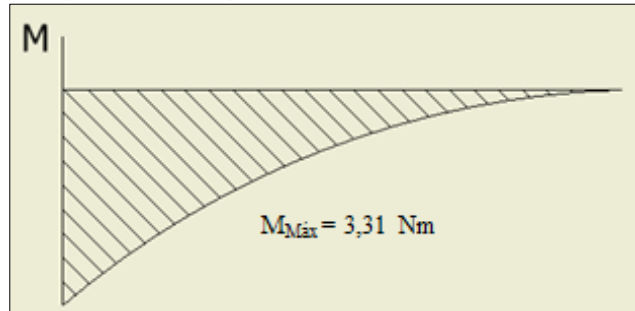
Cuando se tienen las fuerzas que soporta la viga se hace diagrama de cortante;

Imagen 26. Diagrama cortante aspa 2



Se realiza diagrama de momento flector máximo;

Imagen 27. Diagrama flector máximo aspa 2



Se procede a calcular el esfuerzo permisible;

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Esfuerzo de fluencia)

$F.S.$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que el factor seleccionado es 2 ya que según el documento "Fundamentos del diseño mecánico" <sup>4</sup> se conocen los esfuerzos, el entorno y las cargas. Se selecciona como material Acero Inoxidable 304.

Entonces;

$$\sigma_{perm} = \frac{310 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 155 \text{ Mpa} * \frac{1'000.000 \text{ Pa}}{1 \text{ Mpa}} = 155 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el módulo de sección requerido;

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde;

$S_{req}$  = Modulo de sección requerido

---

<sup>4</sup> Tecnologías de máquinas (s.f) Factor de seguridad. marzo 26, 2016 de Fundamentos del diseño mecánico. Sitio web: [http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1\\_Fundamentos\\_de\\_diseno/03\\_CoeficienteSeguridad.pdf](http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1_Fundamentos_de_diseno/03_CoeficienteSeguridad.pdf)

$M_{max}$  = Momento flector máximo  
 $\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

Entonces;

$$S_{req} = \frac{3,31Nm}{155'000.000Pa} = 2,135 \times 10^{-8} m^3 * \frac{(100cm)^3}{1m^3} = 0,02135 cm^3$$

Una vez determinado el módulo de sección requerido se procede a calcular el espesor requerido por la platina conociendo la fórmula de cálculo del Momento de Inercia para una sección rectangular;

$$S_{Aspa} = \frac{a * e^2}{6} = S_{req} \quad \rightarrow \quad e = \sqrt{\frac{6 * S_{req}}{a}}$$

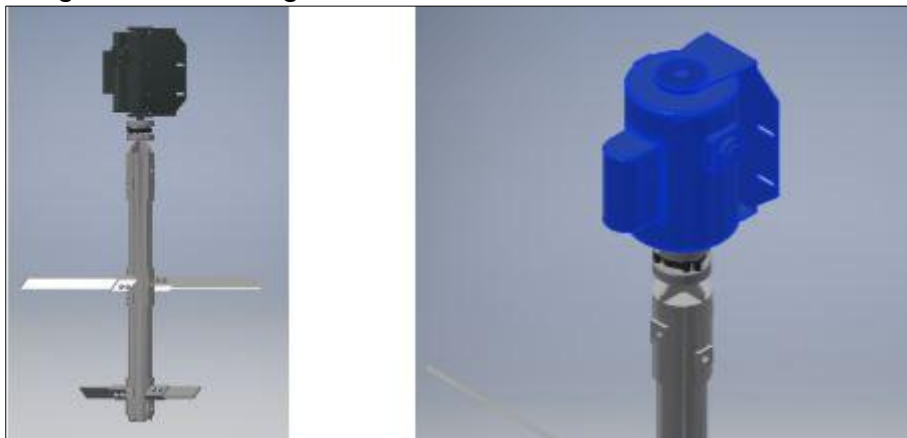
$$e = \sqrt{\frac{6 * 0,021 cm^3}{4cm}}$$

$$e = 0,178cm = 1,78 mm$$

Para garantizar que el aspa cumpla con las condiciones de diseño requeridas, se selecciona un espesor de lámina normalizado de 3mm.

5.2.2.2 Motor. Para la selección del motor, se procede a calcular el torque requerido para desplazar la carga de jabón, esto se realiza mediante la suma del torque requerido para desplazar el jabón de las aletas uno y dos.

Imagen 28. Motor agitador



Se realiza el cálculo de la fuerza de arrastre para la aleta 1;

$$Fd = \frac{1}{2} \rho v^2 cdA$$

Donde;

$Fd$  = Fuerza de arrastre

$\rho$  = Densidad del jabón

$v$  = Velocidad

$cd$  = Esfera rugosa

$A$  = Área

Velocidad tangencial = Velocidad angular (rad/seg)\*Longitud aspa (metros)= 2,094 rad/seg\*0,45m= 0,94 m/s

$Cd=0,48$

Área= Alto b del aspa\* Longitud aspa= 2,82cm/100\*0.45m =0,0123 m<sup>2</sup>

$$Fd = \frac{1}{2} 668 \text{kg/m}^3 * \left(0,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * 0,48 * 0,0123 \text{m}^2$$

$$Fd = 1,79 \text{ N}$$

Se procede a realizar el cálculo de la carga aplicada sobre el aspa junto con la fuerza de arrastre para la aleta 1;

$$P = Pb + Fd$$

$$P = 117,96 \text{N} + 1,79 \text{N}$$

$$P = 119,75$$

Se realiza el cálculo de la fuerza de arrastre para la aleta 2;

Velocidad tangencial = Velocidad Angular (rad/seg)\*Longitud Aspa (metros) = 2,094 rad/seg \* 0,225m = 0,47m/s

$Cd = \text{Esfera Rugosa} = 0.48$

Area = Alto b del Aspa\* Longitud Aspa = 2,82cm/100\*0,225m =0,0063 m<sup>2</sup>

$$Fd = \frac{1}{2} 668 \text{kg/m}^3 * \left(0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * 0,48 * 0,0063 \text{m}^2$$

$$Fd = 0,22 N$$

Se procede a realizar el cálculo de la carga aplicada sobre el aspa junto con la fuerza de arrastre para la aleta 2;

$$P = Pb + Fd$$

$$P = 29,43N + 0,22N$$

$$P = 29,65N$$

Se realiza el cálculo para la aleta 1;

$$T_{Aspa1} = \frac{P_{Jabón\ 1} * L_{Aspa\ 1}}{2}$$

$$T_{Aspa1} = \frac{117,87N * 0,45m}{2}$$

$$T_{Aspa1} = 53,04Nm$$

Se realiza el cálculo de torque requerido para la aleta 2;

$$T_{Aspa2} = \frac{P_{Jabón\ 2} * L_{Aspa\ 2}}{2}$$

$$T_{Aspa2} = \frac{29,42N * 0,23m}{2}$$

$$T_{Aspa2} = 6,77N\ m$$

Se procede a calcular el torque total requerido para el sistema;

$$T_{Req} = (T_{Aspa1} * n_1) + (T_{Aspa2} * n_2)$$

$$T_{Req} = (53,04N\ m * 2) + (6,77Nm * 2)$$

$$T_{Req} = 119,35N\ m$$

Donde;

$T_{req}$  = Torque requerido

$T_{Aspa1}$  = Torque aspa 1

$T_{Aspa2}$  = Torque aspa 2

$n_{Aspa1}$  = Número de aspas 1



$n_{Aspa2}$  = Número de aspas 2

Debido a que el sistema no se desplazará a velocidades muy altas se decide trabajar una velocidad 20 RPM, ya que los agitadores industriales giran a una velocidad entre 20 RPM y 150 RPM; sabiendo la velocidad de giro y el torque total requerido se calcula la potencia requerida del motor:

$$P_{Req} = \frac{T * \omega}{716}$$
$$P_{Req} = \frac{119,35N\ m * 20RPM}{716}$$
$$P_{Req} = 0,34\ HP$$

Con los valores anteriores se procede a seleccionar un motor tipo GP10 de uso general de la compañía Siemens (Ver Anexo 1) de potencia de 0,5 HP (teniendo en cuenta un factor de seguridad de 1,47) y velocidad de 900 RPM (Tabla 1).

Tabla 1. Características motor seleccionado

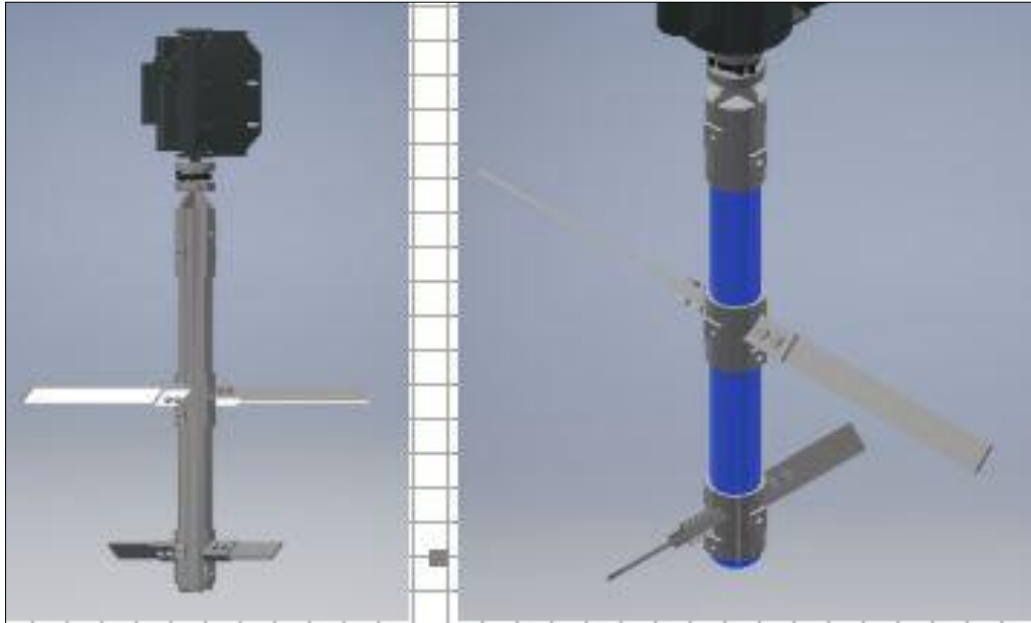
Tabla de selección							
Potencia en HP	RPM	Voltaje	Armazón	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	Corriente Nominal A	Eficiencia Nominal %	Peso Kg
0,5	900	208-230/460	143T	A7B10001006610	1,3	72,0	24

Sabiendo que el sistema funcionara a 20 RPM se procede a calcular el torque ejercido por el motor;

$$T = \frac{P_{Req} * 716}{\omega}$$
$$T = \frac{0,5\ HP * 716}{20\ RPM}$$
$$T = 175,54\ N.m$$

5.2.2.3 Eje Soporte. Se tiene que el eje de soporte de las aspas va a estar acoplado a un motor de 0,5 HP, y en operación alcanzara torques de hasta 175,54 N.m, debido a que el eje va a estar en contacto con el jabón se selecciona acero inoxidable 304 como el material de fabricación.

Imagen 29. Eje soporte aspas



Habiendo definido lo anterior se procede a calcular el esfuerzo admisible por torsión para el elemento;

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

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

$$\tau_{Per} = \frac{0,57 * 3,310 + E8 Pa}{2}$$

$$\tau_{Per} = 94,335 + E6 Pa$$

Dónde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\tau_{Per}$  = Esfuerzo Permisible a Torsión

$\tau_{Flu}$  = Esfuerzo Fluencia a Torsión

$F.S.$  = Factor Seguridad

Sabiendo la forma de cálculo del esfuerzo por torsión y el torque al que está sometido el elemento se define se hará uso de un eje macizo; por lo que se procede a calcular el radio conociendo el momento polar de inercia J para un eje macizo <sup>5</sup>.

<sup>5</sup> <http://www.efunda.com/math/areas/CircleHollow.cfm>

$$\tau_{Per} = \frac{T * c}{J}$$

$$\tau_{Per} = \frac{T * R}{\frac{\pi}{4} R^4}$$

$$R = \frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}} \quad \rightarrow \quad R = \sqrt[3]{\frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{175,54 N m * 9,81 N/Kg}{\frac{\pi}{4} * 94,335 + E6 Pa}}$$

$$R = 0,0133 m = 13,33 mm$$

$$D = 2R \quad \rightarrow \quad D = 26,67 mm \cong 1 \frac{1}{4} in$$

Donde;

- $\tau_{Per}$  = Esfuerzo permisible
- T = Torque máximo durante operación
- R = Radio eje
- D = Diámetro eje
- J = Momento polar inercia

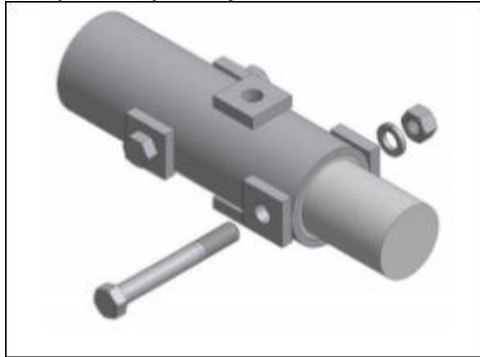
De lo anterior se concluye que utilizara un barra de acero inoxidable 304 de  $1 \frac{1}{4} in$  de diámetro comercial.

5.2.2.4 Pernos Unión Eje - Acople Aspas y Eje - Acople Motriz. Estos cálculos se tomaron a partir de libro de "Diseño de elementos de máquinas"<sup>6</sup>. El tornillo seleccionado es un tornillo de grado 5.

---

<sup>6</sup> Ibid., p 715

Imagen 30. Pernos unión eje acople espas eje



Cuadro 19. Descripción de los pernos

Grado número	Tamaños de perno (pulg)	Resistencia a la tensión (ksi)	Resistencia de fluencia (ksi)	Resistencia de prueba (ksi)	Marcas en la cabeza
1	1/4 - 1 1/2	60	36	33	Ninguna
2	1/4 - 3/4	74	57	55	Ninguna
	> 3/4 - 1 1/2	60	36	33	
4	1/4 - 1 1/2	115	100	65	Ninguna
5	1/4 - 1	120	92	85	
	> 1 - 1 1/2	105	81	74	
7	1/4 - 1 1/2	133	115	105	
8	1/4 - 1 1/2	150	130	120	

Fuente: [http://www.susferrin.com.ar/\\_capacitacion/pdf/SUSFE](http://www.susferrin.com.ar/_capacitacion/pdf/SUSFE)

Conociendo el torque (17,9Kgf.m= 175,54 N.m) se puede decir lo siguiente;

$$F = \frac{T}{d}$$

Donde;

$F$  = Fuerza aplicada sobre el eje

$T$  = Torque del tornillo sinfín

$d$  = Distancia donde se aplica el torque (radio del eje macizo 0,016m)

Entonces;

$$F = \frac{175,54 \text{ N.m}}{0,016 \text{ m}}$$

$$F = 11.057,63 \text{ N}$$

Ahora es necesario determinar el esfuerzo cortante permisible con base al esfuerzo normal;

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{per}$  =Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla

$F.S$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que se selecciona como factor de seguridad 2 debido a que se conoce en totalidad las cargas y el entorno, esto determinó basado en el libro "Diseño de elemento de máquinas"<sup>7</sup>.

Entonces;

$$\sigma_{per} = \frac{57.000Psi * \frac{6.894,7Pa}{1 psi}}{2}$$

$$\sigma_{per} = 196.49 MPa$$

Ahora se requiere calcular el esfuerzo cortante permisible;

$$\tau_{per} = 0,57 * \sigma_{per}$$

Donde;

$\tau_{per}$  = Esfuerzo cortante permisible

Entonces;

$$\tau_{per} = 0,57 * 196.49 MPa$$

$$\tau_{per} = 112 MPa$$

Teniendo la fuerza que se aplica sobre el eje y el esfuerzo cortante permisible se puede decir que;

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

---

<sup>7</sup> Ibid, p 456

$$r = \sqrt{\frac{F}{2 * \pi * \tau_{per}}}$$

Donde;

$r$  = Radio del perno

$A$  = Área

Entonces;

$$r = \sqrt{\frac{11.057,6378 \text{ N}}{2 * \pi * 112.004 \text{ MPa}}} = 0,0034 \text{ m}$$

Se decide utilizar 2 pernos para así dividir la carga cortante. El diámetro de los tornillos será;

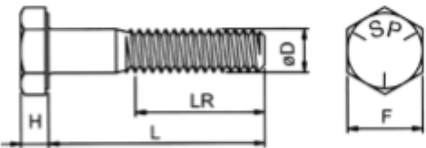
$$D = 2r$$

$$D = 2 * 0,0034 \text{ m}$$

$$D = 0,0067 \text{ m} = 6,7 \text{ mm}$$

Por lo que se procede a seleccionar pernos de 1/2" de pulgada de diámetro cruzados a 90 grados, para garantizar una distancia mínima entre agujeros de 1.5 veces el diámetro del perno se selecciona una distancia de 4cm entre cada uno a lo largo del eje para reducir la concentración de esfuerzos. Estos son de la empresa SOLIDER como muestra el cuadro 20;

Cuadro 20. Selección perno para anclaje de eje macizo

PERNO HEXAGONAL GRADO 5 UNF PAVONADO													
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS													
													
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
H Min	3,81	4,95	5,74	6,91	7,67	8,84	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	22,91
F Máx	11,13	12,70	14,27	15,88	19,05	20,62	23,83	28,58	33,32	38,10	42,88	47,63	57,15
LR Min <small>Cuando L &gt; 1/2" o más</small>	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3.1/4"
LR Min <small>Cuando L &lt; 1/2"</small>	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.5/8"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Para la selección de la tuerca se tiene en cuenta las características del perno; es decir, se seleccionó con el mismo grado 5 y las mismas dimensiones como lo muestra el cuadro 21;

Cuadro 21. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo

**TUERCA HEXAGONAL GRADO 5 UNC PAVONADA**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

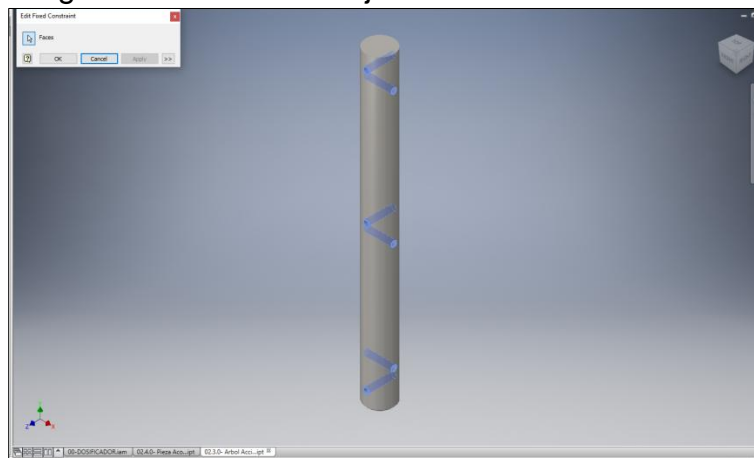
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
P	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6
H Máx	5,74	6,93	8,56	9,78	11,39	12,60	14,20	16,89	19,71	22,53	25,37	27,79	33,45
F Nom	7/16" (11,15)	1/2" (12,7)	9/16" (14,27)	11/16" (17,48)	3/4" (19,05)	7/8" (22,23)	5/16" (23,83)	1.1/8" (28,58)	1.5/16" (33,32)	1.1/2" (38,1)	1.11/16" (42,88)	1.7/8" (47,62)	2.1/4" (57,15)

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Y por último para determinar la longitud del tornillo, se suma al diámetro exterior del tubo del tornillo y el ancho de la tuerca.

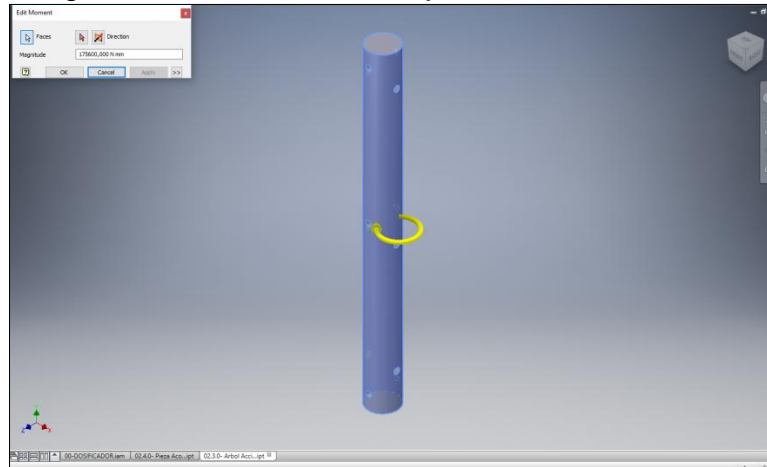
5.2.2.5 Verificación del eje macizo. Del cálculo del eje del agitador se obtuvo que el diámetro requerido por los pernos será de 1 1/2 de pulgada por lo que para garantizar el correcto funcionamiento de este se utiliza un factor de seguridad de 2 el cual duplica el tamaño del eje actual de 1 1/2 pulgada a 2 1/2 pulgadas y se procede a realizar la simulación por elementos finitos del mismo. Se proceden a colocar las restricciones del elemento en los orificios.

Imagen 31. Verificación eje macizo 1



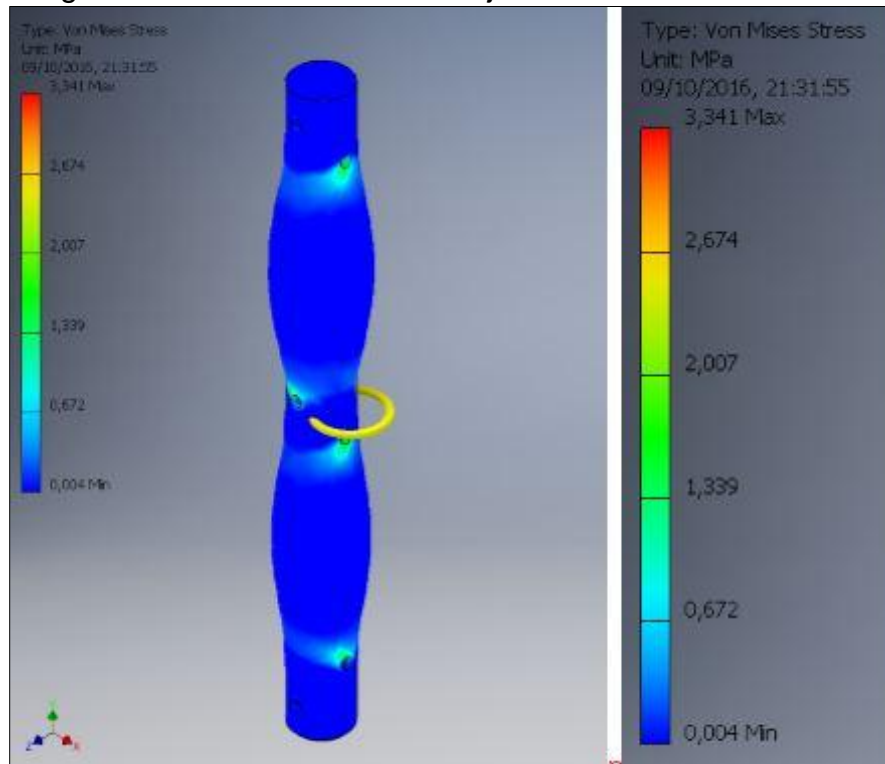
Una vez colocadas las restricciones se aplica un momento de 175,6 Nm (175.59 N mm) sobre el eje del elemento que es el que va a estar sometido a torsión;

Imagen 32. Momento sobre eje 1



Se realiza la simulación obteniendo los siguientes resultados para esfuerzos Von Mises.

Imagen 33. Esfuerzo Von Mises eje

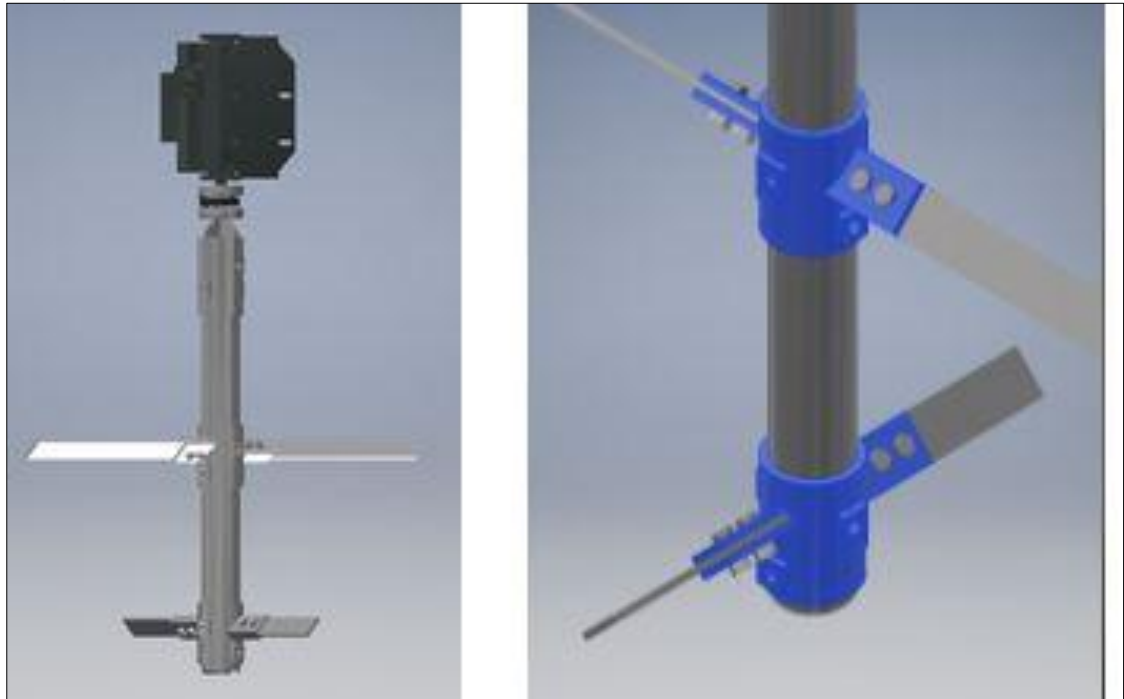




De lo anterior se comprueba que el eje cumple con los requerimientos de diseño debido a que el máximo esfuerzo en el sistema no excede el límite del factor de seguridad del material.

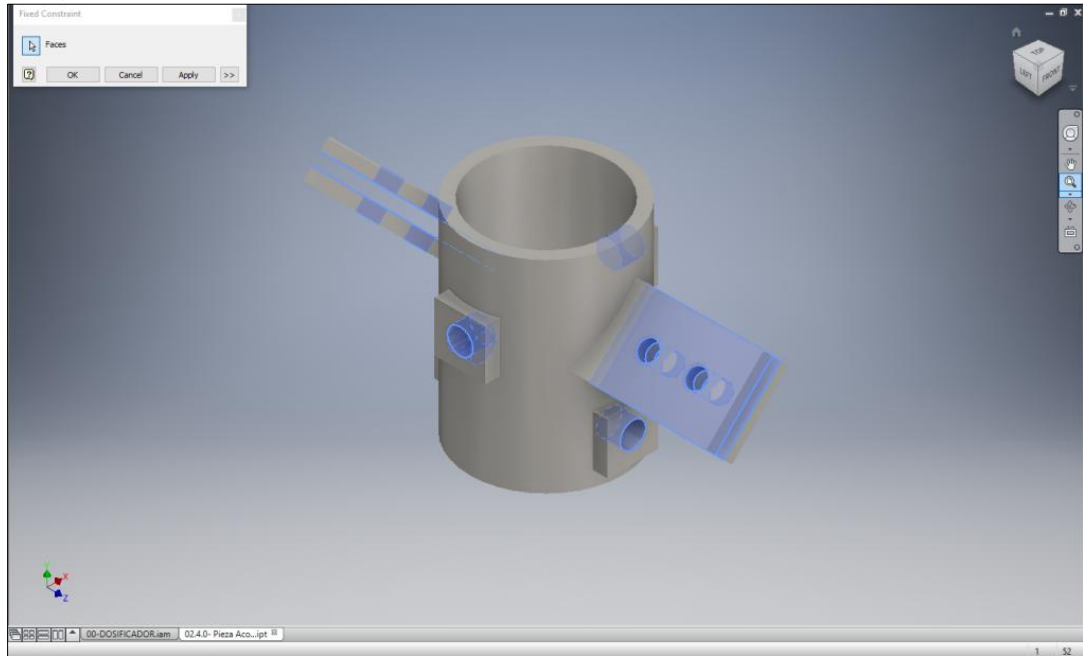
5.2.2.6 Pieza de ensamble Eje-Aspa. La pieza de ensamble Eje-Aspa, será el encargado de unir el eje y las Aspas del sistema, este acople irá ensamblado los pernos de anclaje calculados en la sección anterior al eje y anclado con tornillos de 3/8 de pulgada al aspa para garantizar que el diámetro del perno no exceda las dimensiones máximas del aspa. Debido a la complejidad del elemento se definió un diseño preliminar basado en la geometría de los elementos que interactuaran con este y se procede a verificar su comportamiento bajo las condiciones críticas de diseño sabiendo que el material de fabricación será acero inoxidable 304.

Imagen 34. Ensamble eje aspas



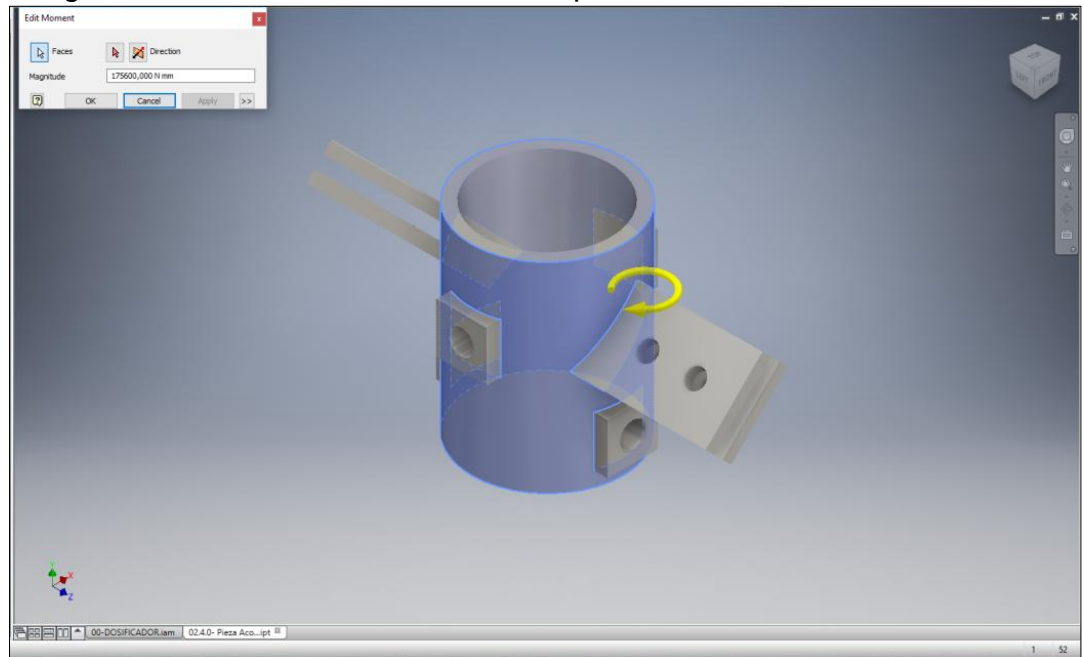
Se proceden a colocar las restricciones del elemento en las caras y orificios donde irán montadas las aspas, los tornillos de fijación y los pernos de anclaje como se muestra en la imagen 35;

Imagen 35. Restricciones de acople



Una vez colocadas las restricciones se aplica un momento de 175,6 N m (175.59 N mm) sobre el cilindro del elemento que es el que transmitirá el torque a todo el cuerpo del elemento como se ilustra en la imagen 36;

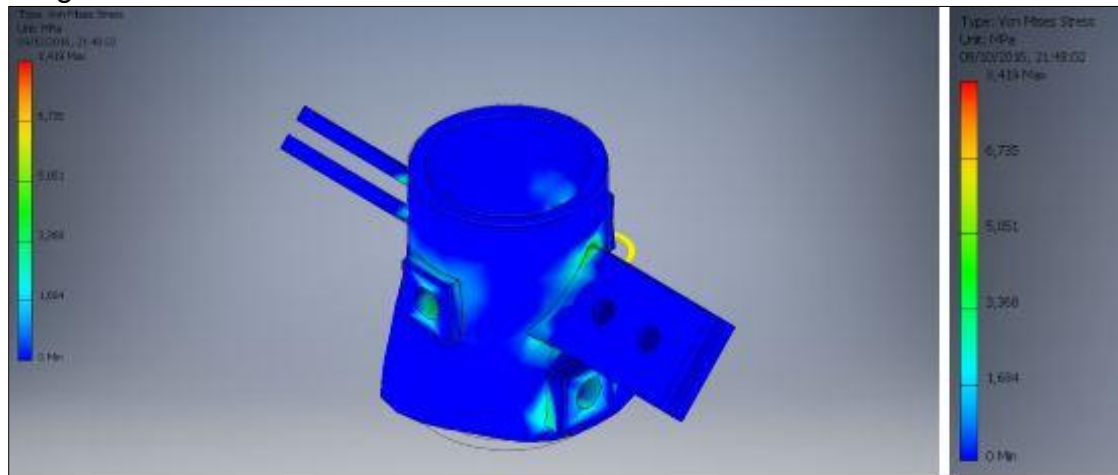
Imagen 36. Restricciones momento acople



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

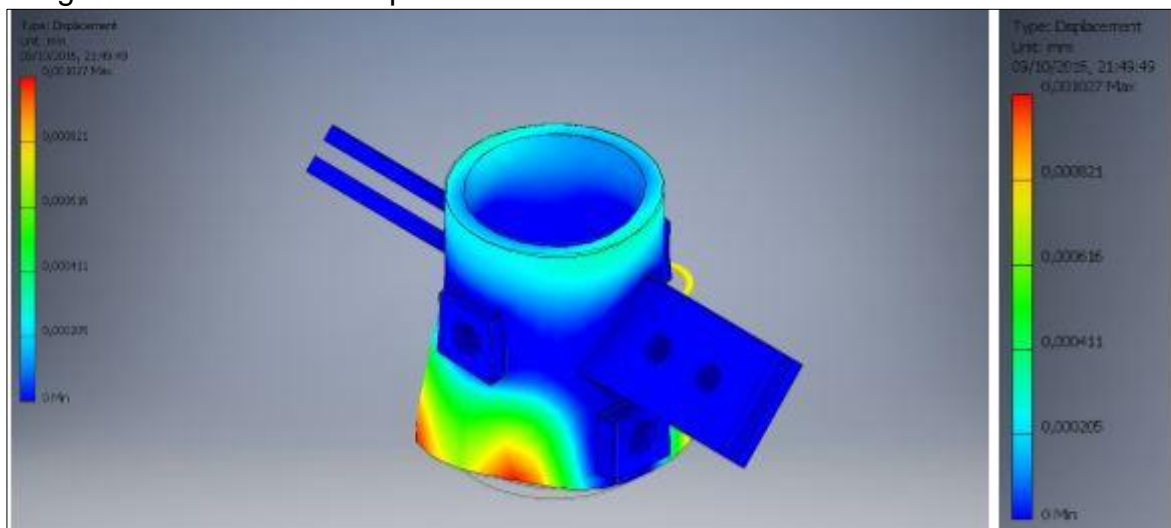
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 8,41 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (imagen37)

Imagen 37. Simulación Von Mises



- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,001027 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 38)

Imagen 38. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad mínimo de 15, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 39)

Imagen 39. Simulación factor de seguridad

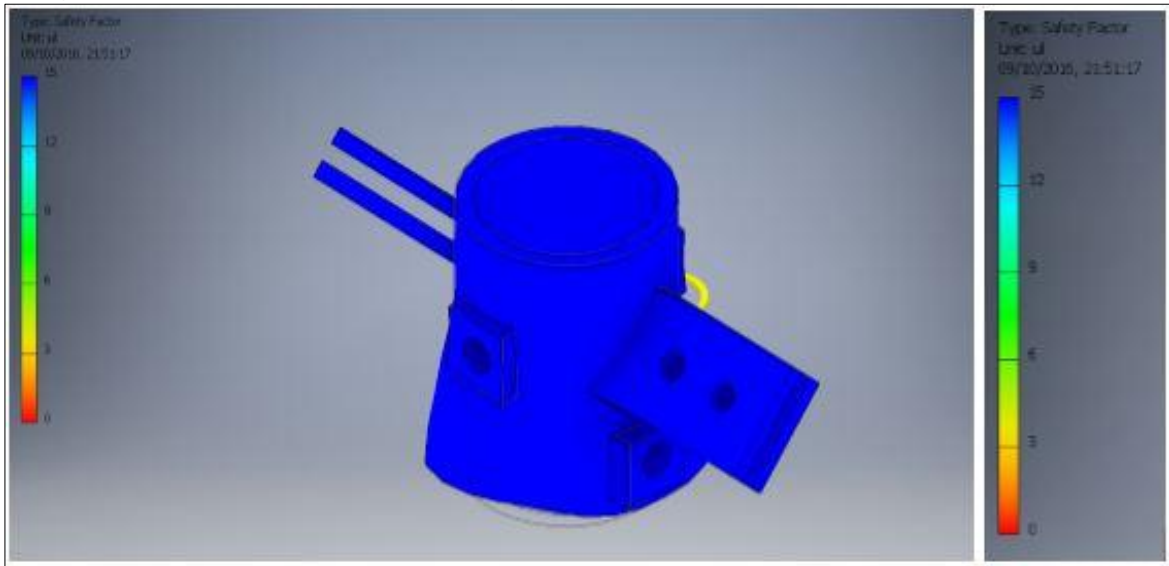
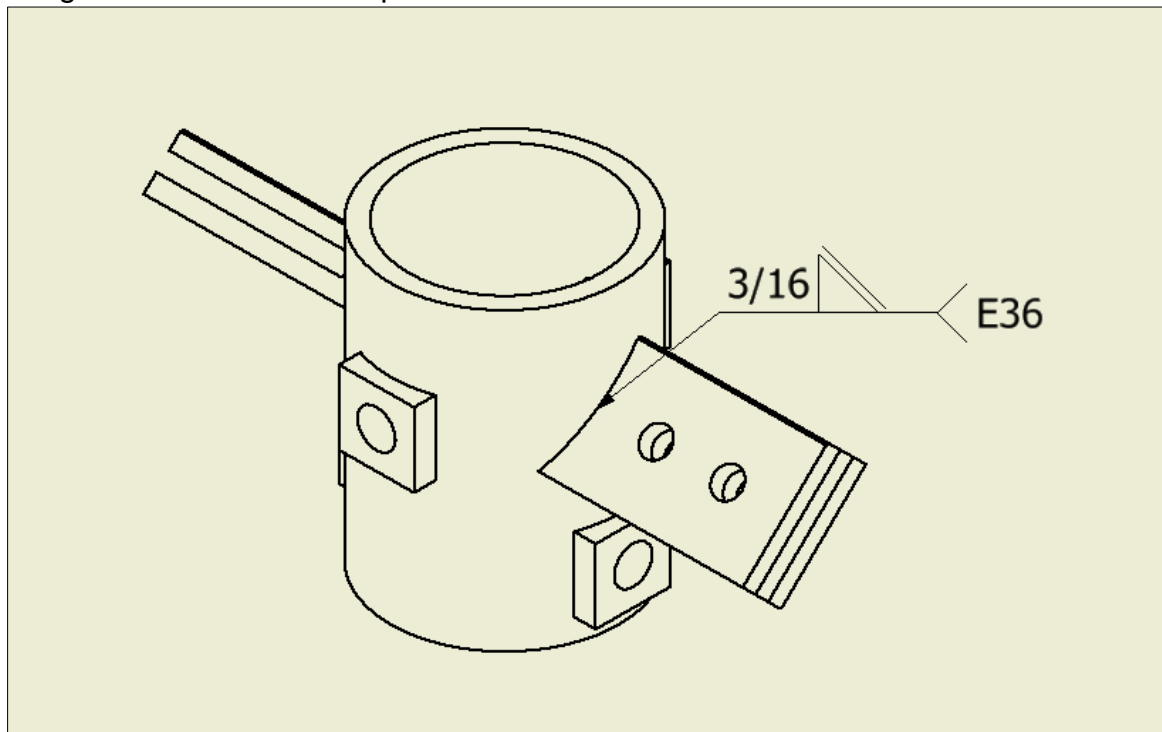
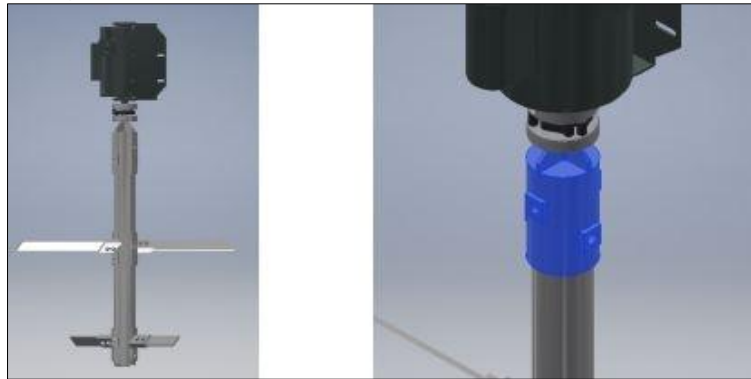


Imagen 40. Soldadura acople



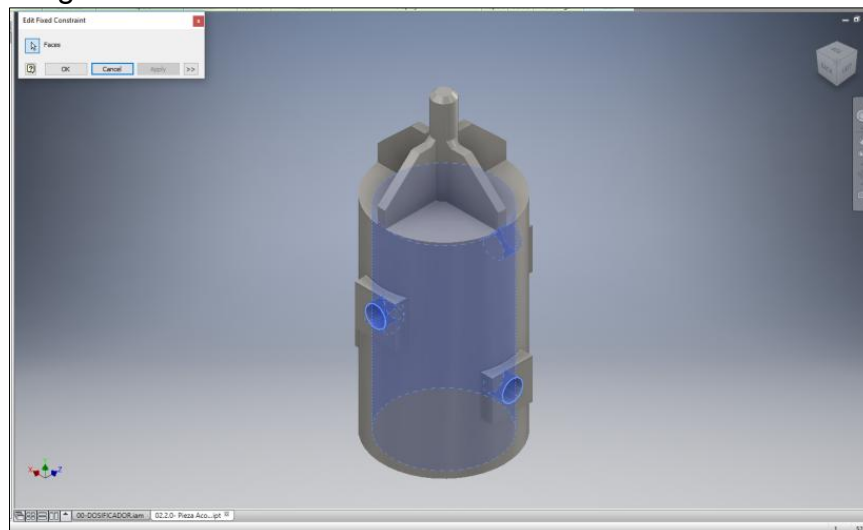
5.2.2.7 Pieza de ensamble Acople Motor-Eje. Esta pieza se diseñó ya que existe una diferencia de diámetros entre eje del motor y el eje del agitador. La pieza de ensamble Acople Motor-Eje, será la encargada de unir el eje del agitador con el acople mecánico del motor. Esta pieza irá ensamblada al eje con los pernos de unión anteriormente calculados y en la sección de entrada ira montado el acople mecánico del motor y se procede a verificar su comportamiento bajo las condiciones críticas de diseño sabiendo que el material de fabricación será acero inoxidable 304.

Imagen 41. Ensamble acople motor - eje



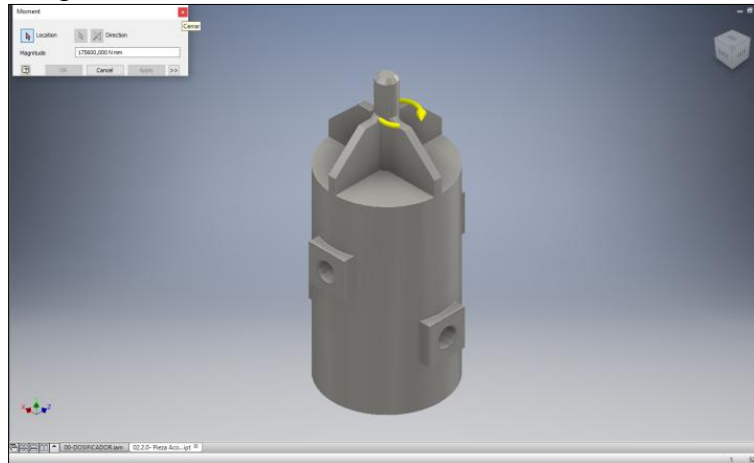
Se proceden a colocar las restricciones del elemento en las caras y orificios donde irán montadas las aspas, los tornillos de fijación y los pernos de anclaje como se muestra en la imagen 42.

Imagen 42. Restricciones orificios tornillos



Una vez colocadas las restricciones se aplica un momento de 175,6 N m (175.59 N mm) sobre el cilindro del elemento que es el que transmitirá el torque a todo el cuerpo del elemento;

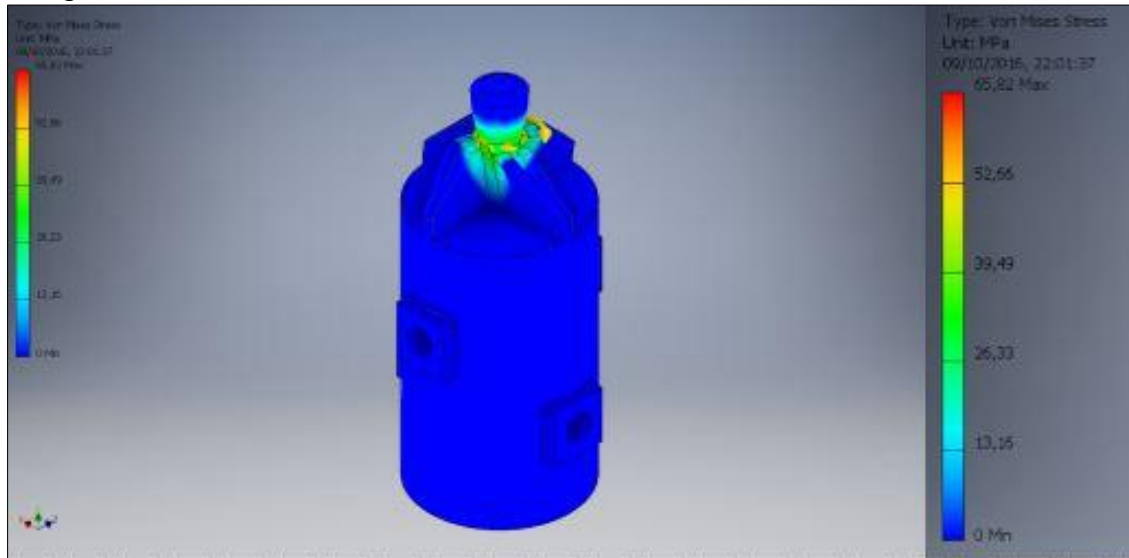
Imagen 43. Restricciones momentos cilindro



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

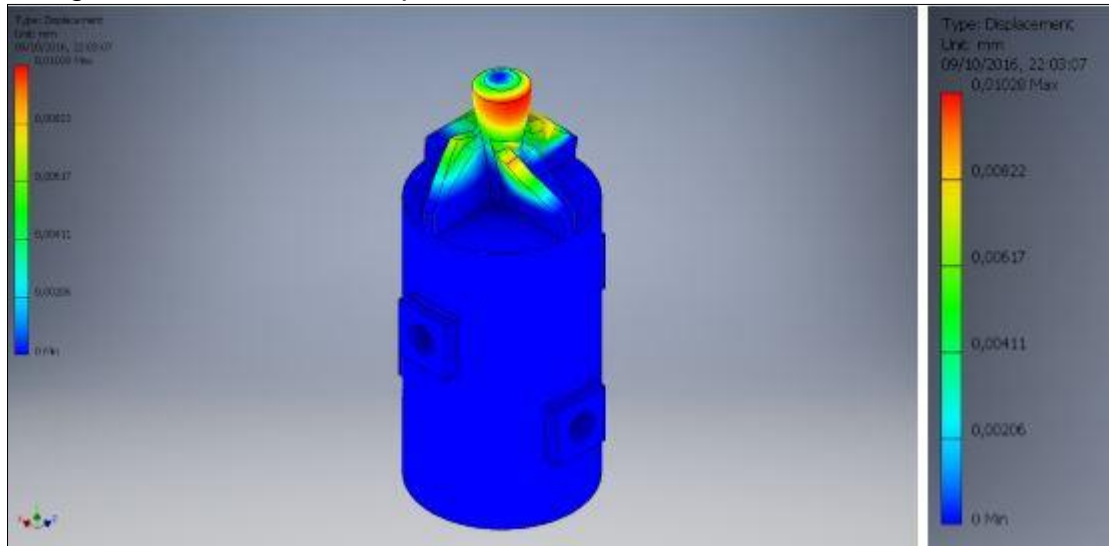
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 65,82 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (331 MPa) (imagen 44)

Imagen 44. Simulación Von Mises



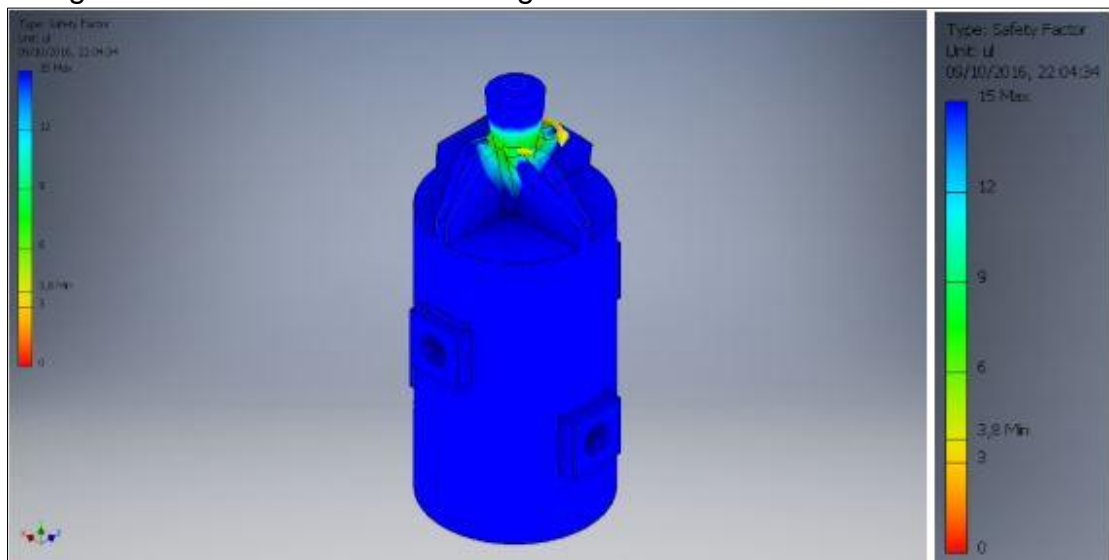
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,01028 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 45)

Imagen 45. Simulación desplazamiento



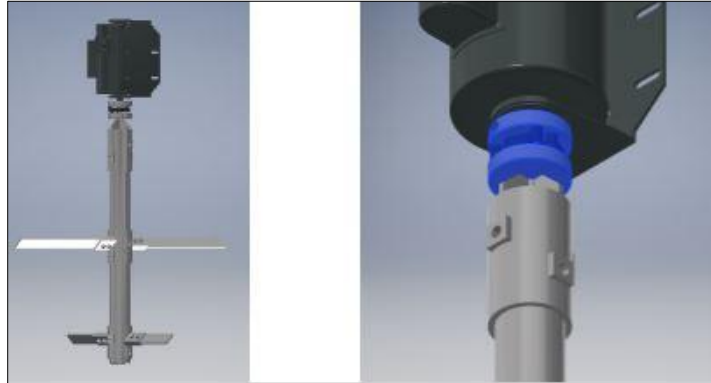
- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad mínimo de 3,8, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 46)

Imagen 46. Simulación factor de seguridad



5.2.2.8 Acople Mecánico Motor. Para el cálculo del acople mecánico del agitador se realizan los cálculos de selección de acuerdo al catálogo de la compañía Timken;

Imagen 47. Acople mecánico motor



Se selecciona un factor de servicio según la tabla 2 y se procede a calcular el torque de diseño (tabla 2);

Tabla 2. Selección factor de servicio

Application	Service Factor
<b>Aerators</b>	2.5
<b>Aggregate Processing, Cement, Mining Kilns</b>	
Direct or on Line Shaft of Reducer	
With Final Drive Machined Spur Gears	2.25
With Single Helical or Herringbone Gears	2.0
Crushers, Ore or Stone	2.75
Dryer, Rotary	2.0
Grizzly	2.25
Hammermill or Hog	2.0
Tumbling Mill or Barrel	2.0
<b>Agitators (also see Mixers)</b>	
Vertical, Horizontal, Screw, Propeller, Paddle	1.25
<b>Barge Haul Puller</b>	1.75
<b>Blowers</b>	
Centrifugal	1.5
Lobe or Vane	1.5

Fuente: Catalogo timken página 19

$$T_{Dis} = T_{Req} * F.S.$$



$$T_{Dis} = 176 \text{ Nm} * 1,25$$

$$T_{Dis} = 220 \text{ Nm}$$

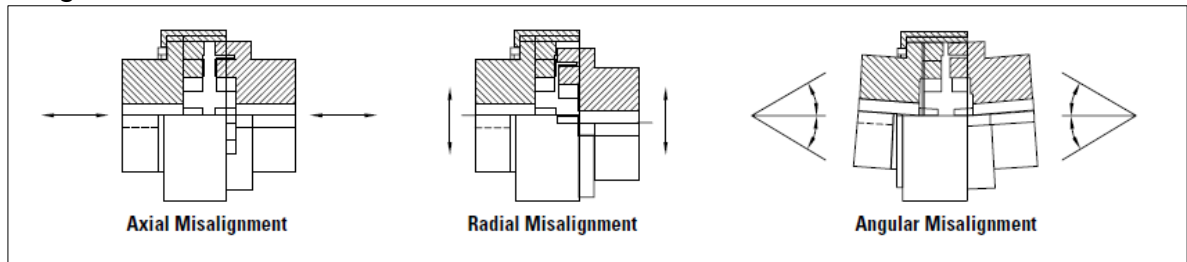
Tabla 3. Capacidad par de acoplamiento de flexión

TABLE 6. QUICK-FLEX COUPLING TORQUE RATINGS WITH HIGH-SPEED COVER (METRIC)													
Coupling Series	Insert Part No.	Insert Color	Continuous Torque	kW Ratings @ Various RPM (Service Factor = 1)									
				50	100	300	600	900	1200	1750	2400	3600	5000
				Nm									
QF5	QF5INSERT	Red	43	0.2	0.4	1.3	2.7	4.0	5.4	7.8	10.7	16.1	22.3
	QF5HINSERT	White	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
	QF5BINSERT	Blue	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
	QF15INSERT	Red	120	0.6	1.3	3.8	7.5	11.3	15.0	21.9	30.1	45.1	62.6
QF15	QF15HINSERT	White	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8
	QF15BINSERT	Blue	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8

Fuente: catalogo TIMKEN página 15

Se selecciona un acople flexible mecánico TIMKEN QF15, con inserto QF15HINSERT White con las siguientes tolerancias;

Imagen 48. Tolerancias



Fuente: Catalogo TIMKEN página 18

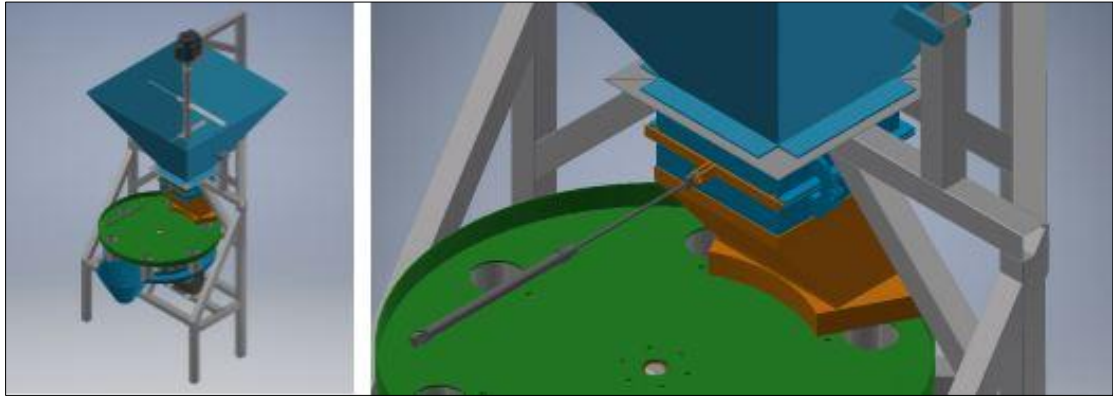
Tabla 4. Tolerancias acoplamiento de desalineación

TABLE 9. QUICK-FLEX COUPLING MISALIGNMENT TOLERANCES			
Coupling Series	Radial Misalignment Tolerance	Axial Misalignment Tolerance	Angular Misalignment Tolerance
mm in.		mm in.	
QF5	0.51 0.020	1.98 0.078	2°
QF15	0.99 0.039	2.95 0.116	2°

Fuente: Catalogo TIMKEN página 18

5.2.3 Diseño Compuerta Dosificación. La compuerta que se encargará de permitir el flujo de material hacia el disco dosificador estará sometida a la carga de una columna de jabón con las dimensiones presentadas en la imagen 49.

Imagen 49. Compuerta dosificación



5.2.3.1 Diseño Compuerta. En la imagen 50 se muestra la compuerta neumática;

Imagen 50. Compuerta

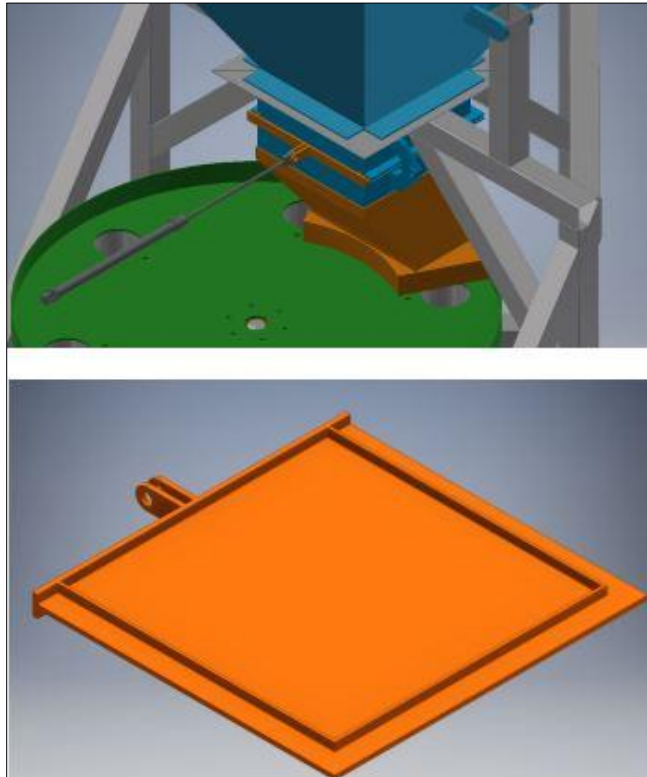
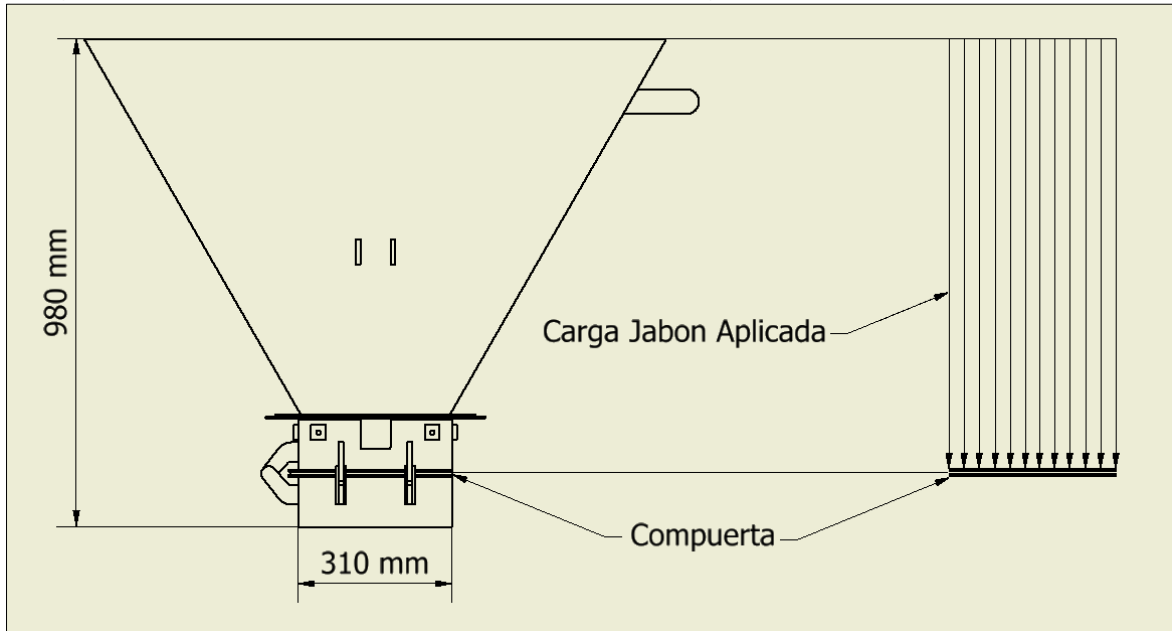


Imagen 51. Dimensiones para el cálculo de la carga sobre la compuerta



Conociendo las dimensiones de la carga aplicada de jabón y la densidad del mismo se procede a calcular la fuerza aplicada sobre este elemento;

$$P_{\text{Jabón}} = (h * l^2) * \rho_{\text{Jab}}$$

$$P_{\text{Jabón}} = (0,98 \text{ m} * (0,310 \text{ m})^2) * 668,1 \text{ Kg}/\text{m}^3 * 9,81 \text{ m}/\text{s}^2$$

$$P_{\text{Jabón}} = 617,24 \text{ N}$$

Donde;

$P_{\text{Jabón}}$  = Carga De Jabón Ejercida Sobre La Compuerta  
 $h$  = Altura Carga de Jabón  
 $l$  = Lado de Compuerta  
 $\rho_{\text{Jab}}$  = Densidad del Jabón

Se realiza el cálculo de la fuerza de arrastre para la compuerta neumatica;

$$Fd = \frac{1}{2} \rho v^2 cdA$$

Donde;

$Fd$  = Fuerza de arrastre (fricción)  
 $\rho$  = Densidad del jabón

$v$  = Velocidad  
 $cd$  = Esfera rugosa  
 $A$  = Área

Velocidad = Velocidad de retroceso del pistón = 0.3 m/s

$Cd = 0,48$

Área = Área de la lámina en contacto con el jabón =  $(310\text{mm}/1000) * (310\text{mm}/1000)$   
= 0,0961 m<sup>2</sup>

$$Fd = \frac{1}{2} 668\text{kg/m}^3 * \left(0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * 0,48 * 0,0961\text{m}^2$$

$$Fd = 1,39\text{ N}$$

Se calcula nuevamente carga de la compuerta junto con la fuerza de arrastre;

$$P = P_{\text{jabón}} + Fd$$

$$P = 617,24\text{ N} + 1,39\text{ N}$$

$$P = 618,63\text{ N}$$

Se realiza el cálculo de la fuerza de rozamiento dinámico entre la compuerta neumática y la guía de la estructura;

$$Fr = \mu N$$

Donde;

$Fr$  = Fuerza de rozamiento

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento entre acero y acero

$N$  = Fuerza normal

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento por deslizamiento del acero sobre el acero = 0.018

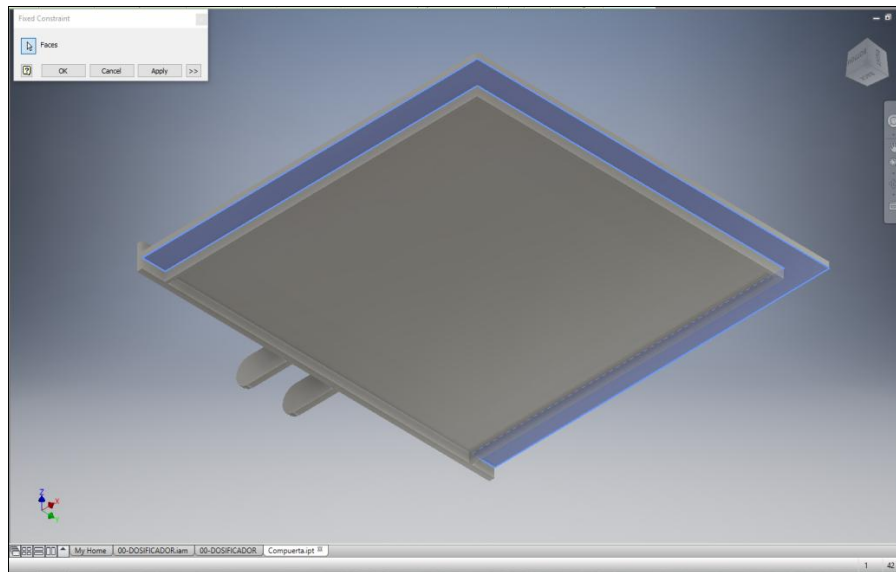
$N$  = Fuerza normal que ejerce la parte superior de la estructura sobre la compuerta neumática = 617,24

$$Fr = 0,018 * 617,24\text{ N}$$

$$Fr = 11,11\text{ N}$$

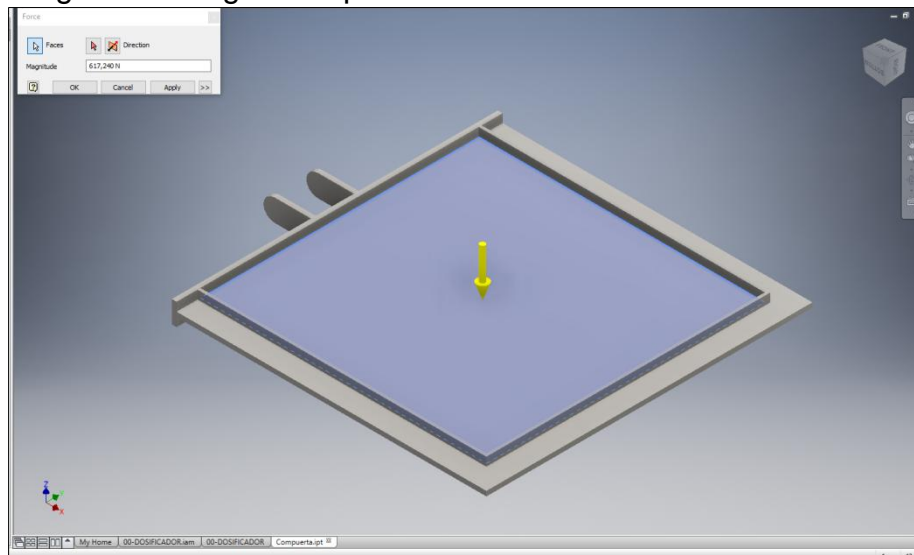
Una vez definidas las cargas y el método de soporte de la compuerta se proceden a realizar la simulación del elemento seleccionando un espesor de lámina inicial de 5mm (el mismo espesor de la lamia de la tolva y de ser requerido el espesor de la lámina de acuerdo a la simulación de von mises). Se definen las restricciones mostradas en la imagen 52;

Imagen 52. Carga y método de soporte de la compuerta



Una vez colocadas las restricciones se aplica una carga de 617,24 N sobre la superficie de contención del jabón ilustrada en la imagen 53;

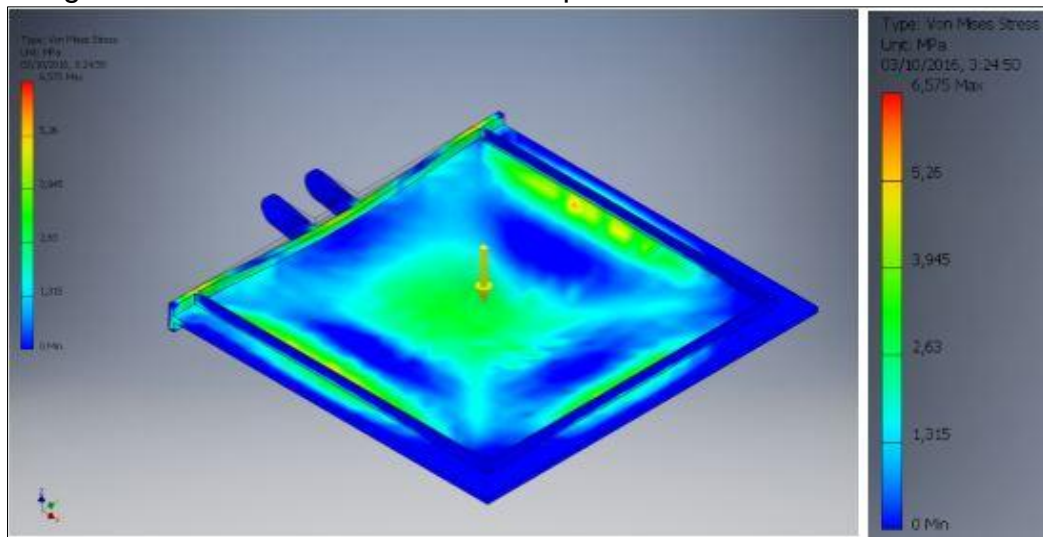
Imagen 53. Cargas compuerta



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

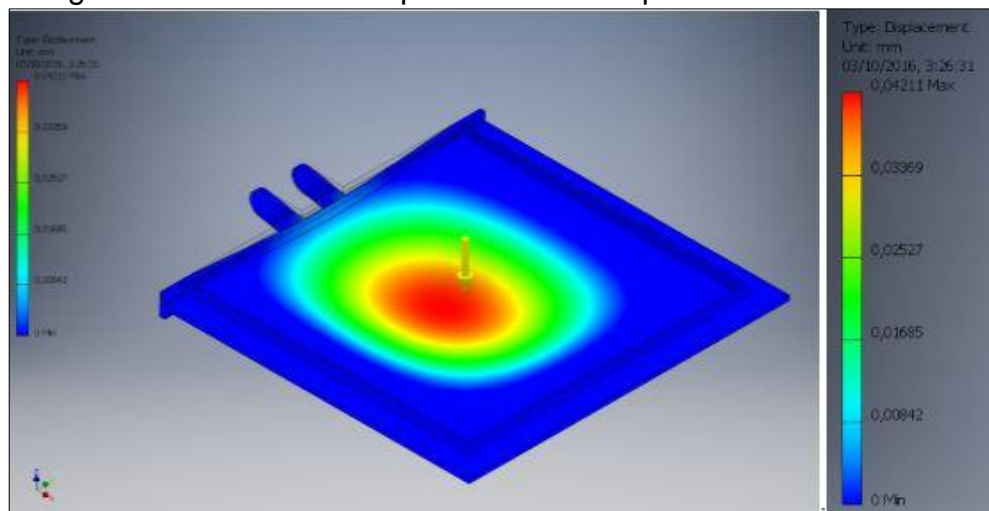
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 6,575 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (331 MPa, Acero Inoxidable 304) (imagen 54)

Imagen 54. Simulación Von Mises compuerta



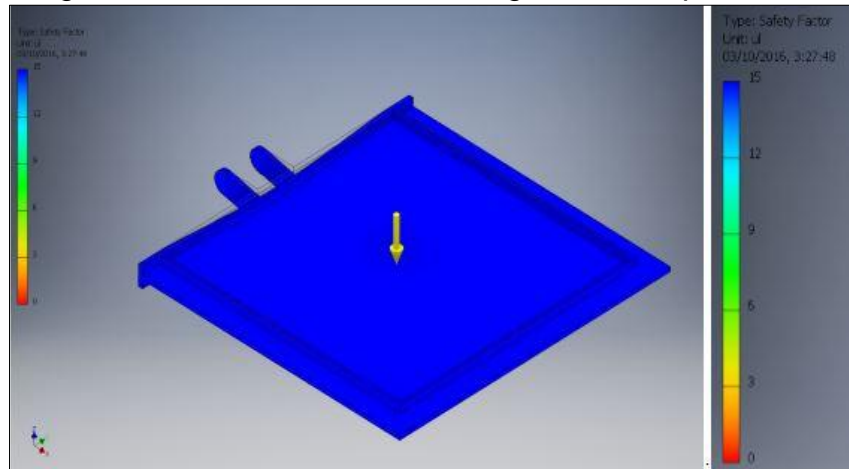
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,04211 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 55)

Imagen 55. Simulación desplazamiento compuerta



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor mínimo de 15, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 56)

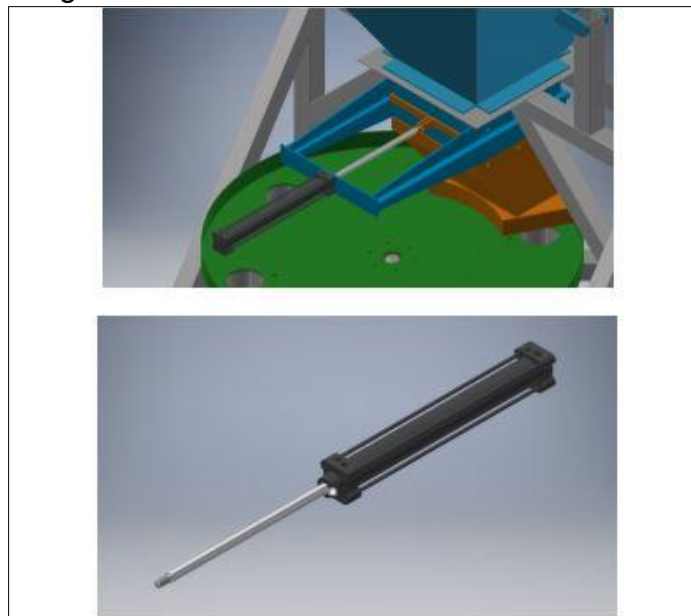
Imagen 56. Simulación factor de seguridad compuerta



Del análisis por FEA de la compuerta se deduce que el sistema soportará correctamente las condiciones de operación crítica del elemento.

5.2.3.2 Selección Sistema Neumático. Se muestra en detalle el sistema neumático (imagen 57);

Imagen 57. Sistema neumático



Para la selección del sistema neumático es necesario calcular primero la fuerza necesaria para superar la fricción de la compuerta con las guías, sabiendo el coeficiente de fricción estático acero-acero y la carga normal a la que está sometida el sistema se tiene;

$$F_{Req} = P_{Aplicada} * \mu_s$$

$$F_{Req} = 617,24 N * 0,74$$


$$F_{Req} = 456,76 N$$

Dónde;

- $F_{Req}$  = Fuerza Requerida por el actuador  
 $\mu_s$  = Coeficiente de fricción estático Acero-Acero  
 $P_{Aplicada}$  = Carga aplicada sobre la compuerta

Sabiendo la carga requerida por el sistema, se selecciona un cilindro neumático de doble efecto redondo FESTO CRDNG-40-300-PPV-A #160885.

Tabla 5. Configuración cilindro normalizado

Resumen de configuración para cilindro normalizado CRDNG-40-300-PPV-A #160885	
	
Características básicas	
Feature	Value
Protección contra corrosión	Acero inoxidable
Diámetro del émbolo en mm	40 mm
Carrera mm	300 mm
Amortiguación	PPV Amortiguación neumática regulable en ambos lados
Detección de posiciones	A Para sensor de proximidad

Fuente: Catalogo FESTO página 1

Ahora sabiendo las dimensiones del embolo y la fuerza a movilizar se procede a calcular la presión requerida por el sistema;



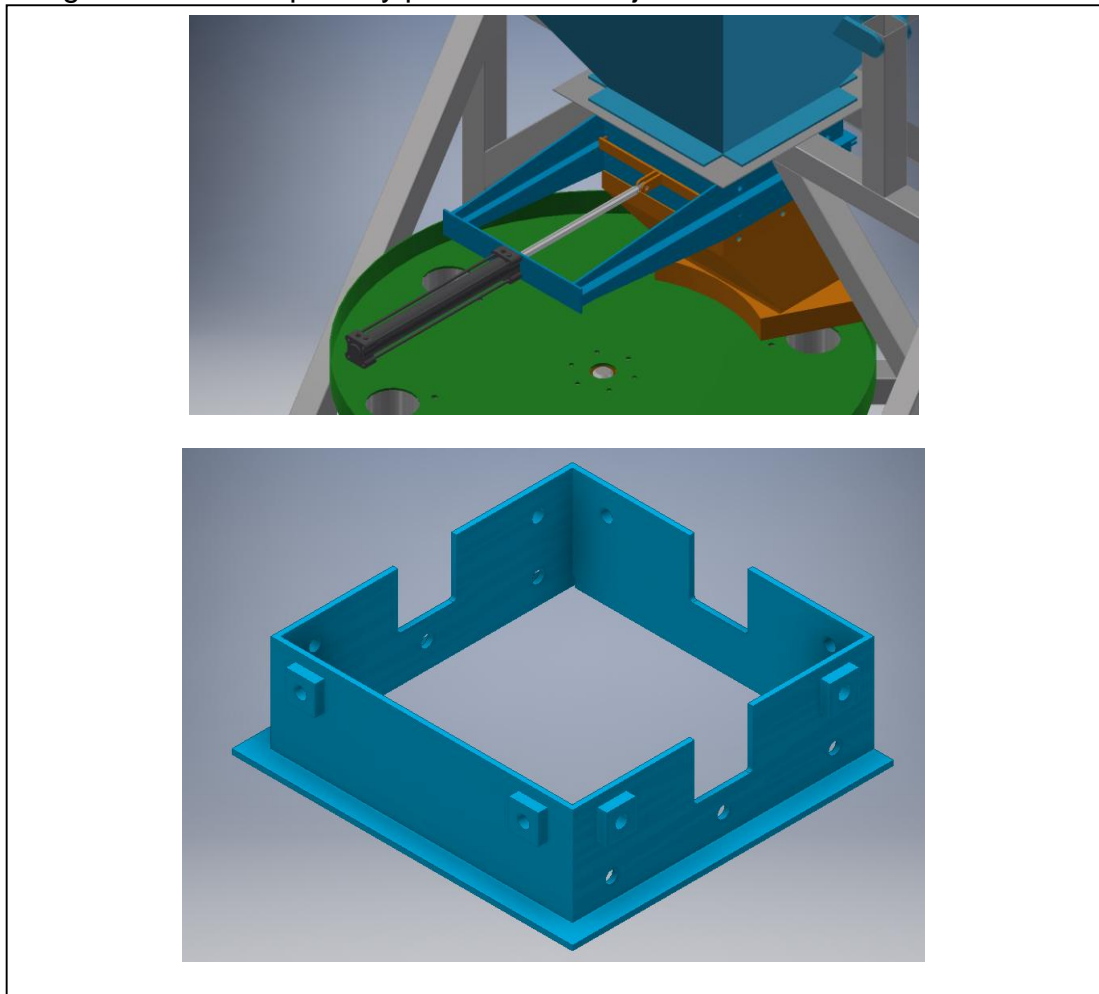
$$P = \frac{F_{Req}}{\pi/4 D_{Embolo}^2}$$

$$P = \frac{456,76 N}{\pi/4 0,04m^2}$$

$$P = 363.478,059 Pa = 3,64 Bar$$

5.2.3.3 Diseño Guía Superior y Pernos de Anclaje. En la imagen 58 se muestra el detalle de la guía superior junto con los pernos de anclaje;

Imagen 58. Guía superior y pernos de anclaje



La guía superior será la encargada de soportar la totalidad del sistema, por lo que sabiendo que esta se anclará a la estructura con un total de 8 pernos para distribuir

las cargas equitativamente en la pieza, se procede a calcular la carga a la que está sometida cada perno de anclaje;

$$P_{Perno} = \frac{P_{Jabón}}{n}$$

$$P_{Perno} = \frac{617,24 N}{8}$$

$$P_{Perno} = 77,155 N$$

Donde;

$P_{Jabón}$  = Carga De Jabón Ejercida Sobre Perno Anclaje  
 $P_{Jabón}$  = Carga De Jabón Ejercida Sobre La Compuerta  
 $n$  = Número Pernos Anclaje

Ahora es necesario determinar el esfuerzo cortante permisible con base al esfuerzo normal;

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{per}$  =Esfuerzo permisible  
 $\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Resistencia a la fluencia)  
 $F.S$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que se selecciona como factor de seguridad 2 debido a que se conoce en totalidad las cargas y el entorno, esto de determino basado en el libro "Diseño de elemento de máquinas"<sup>8</sup>.

Entonces;

$$\sigma_{per} = \frac{57.000Psi * \frac{6.894,7Pa}{1 psi}}{2}$$

$$\sigma_{per} = 196,50 MPa$$

Ahora se requiere calcular el esfuerzo cortante permisible;

---

<sup>8</sup> Ibid, p 456

$$\tau_{per} = 0,57 * \sigma_{per}$$

Donde;

$\tau_{per}$  = Esfuerzo cortante permisible

Entonces;

$$\tau_{per} = 0,57 * 196,50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{per} = 112,005 \text{ MPa}$$

Teniendo la fuerza que se aplica sobre el eje y el esfuerzo cortante permisible se puede decir que;

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

$$r = \sqrt{\frac{F}{2 * \pi * \tau_{per}}}$$

Donde;

$r$  = Radio del perno

$A$  = Área

Entonces;

$$r = \sqrt{\frac{77,155 \text{ N}}{2 * \pi * 112,05 \text{ MPa}}} = 0,0003,31044\text{m} = 0,331 \text{ mm}$$

$$d = 2r$$

$$d = 2 * 0,331\text{mm} = 0,66\text{mm}$$

Si bien cada tornillo resulta tener un diámetro requerido de 0,66 mm para garantizar que con el incremento de la carga del peso de los elementos que estarán montados en la parte inferior funcione correctamente se selecciona de ½ in. Estos son de la empresa SOLIDER como muestra el cuadro 22;

Cuadro 22. Selección perno para anclaje de eje macizo

PERNO HEXAGONAL GRADO 5 UNF PAVONADO													
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS													
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
H Min	3,81	4,95	5,74	6,91	7,67	8,84	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	22,91
F Máx	11,13	12,70	14,27	15,88	19,05	20,62	23,83	28,58	33,32	38,10	42,88	47,63	57,15
LR Min	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3.1/4"
LR Min	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.5/8"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Para la selección de la tuerca se tomó en cuenta las características del perno; es decir, se seleccionó con el mismo grado 5 y las mismas dimensiones como lo muestra la Cuadro 23;

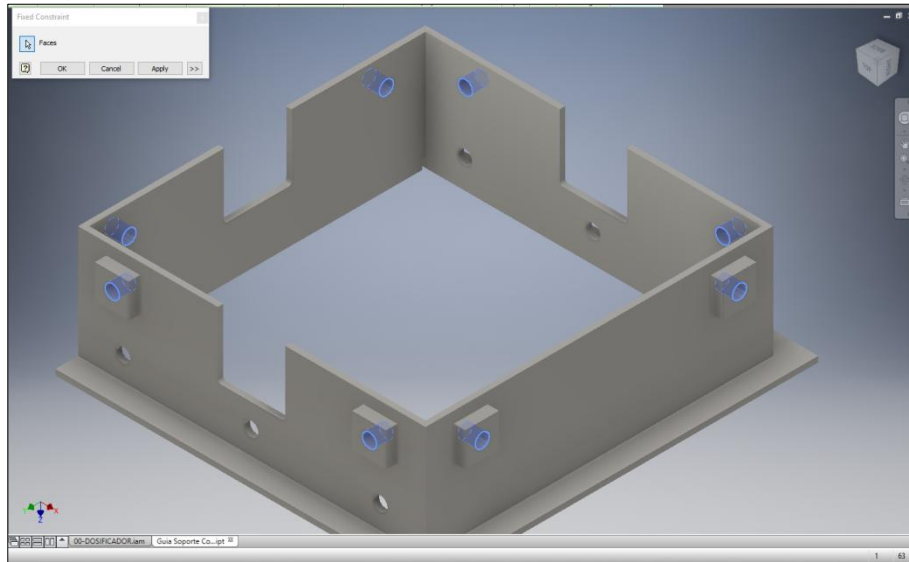
Cuadro 23. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo

TUERCA HEXAGONAL GRADO 5 UNC PAVONADA													
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS													
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
P	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6
H Máx	5,74	6,93	8,56	9,78	11,39	12,60	14,20	16,89	19,71	22,53	25,37	27,79	33,45
F Nom	7/16"	1/2"	9/16"	11/16"	3/4"	7/8"	5/16"	1.1/8"	1.5/16"	1.1/2	1.11/16"	1.7/8"	2.1/4"
	(11,32)	(12,70)	(14,27)	(17,48)	(19,05)	(22,22)	(23,83)	(28,58)	(33,32)	(38,10)	(42,88)	(47,63)	(57,15)

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

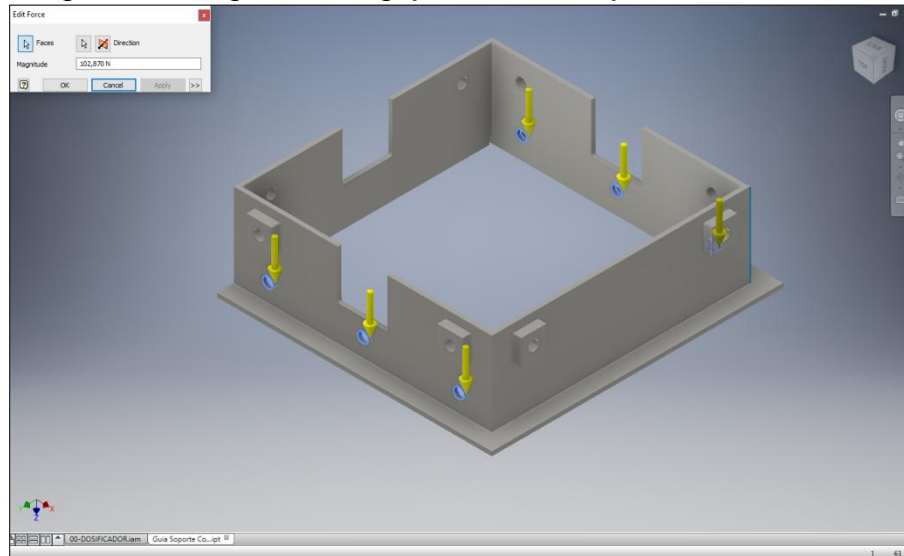
Una vez definidas las cargas y el método de soporte de la compuerta se proceden a realizar el diseño y la simulación del elemento seleccionando (imagen 59) un espesor de lámina inicial de 5mm. Se definen las restricciones en los agujeros para los pernos de anclaje a la estructura;

Imagen 59. Restricciones en los agujeros pernos anclaje



Una vez colocadas las restricciones se aplica una carga de 102,87 N sobre los agujeros de anclaje de la guía inferior de la compuerta como se muestra en la imagen 60;

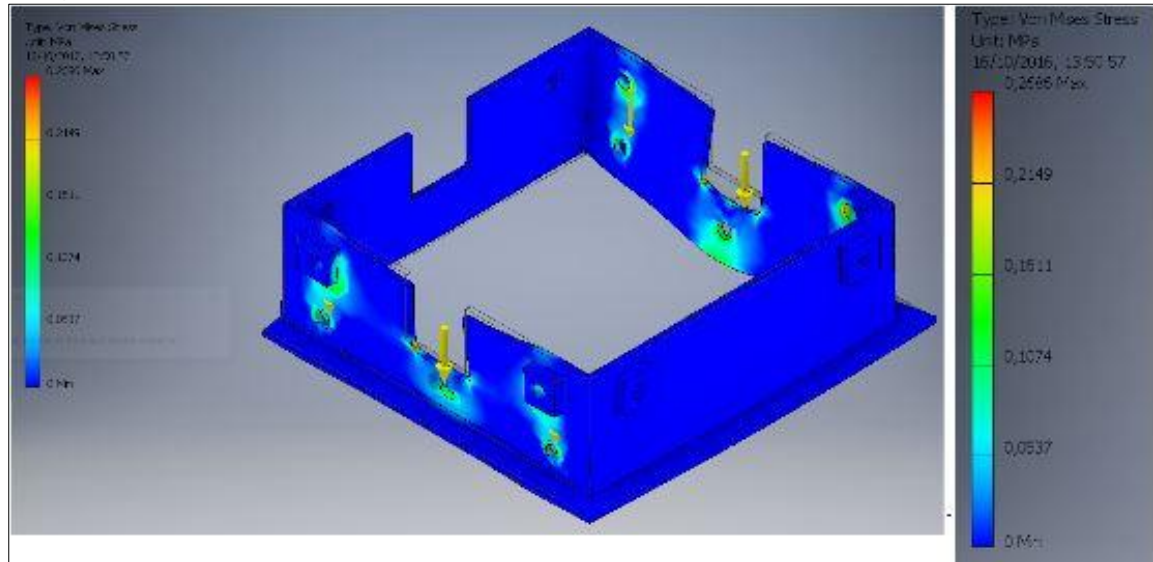
Imagen 60. Carga sobre agujeros de anclaje



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

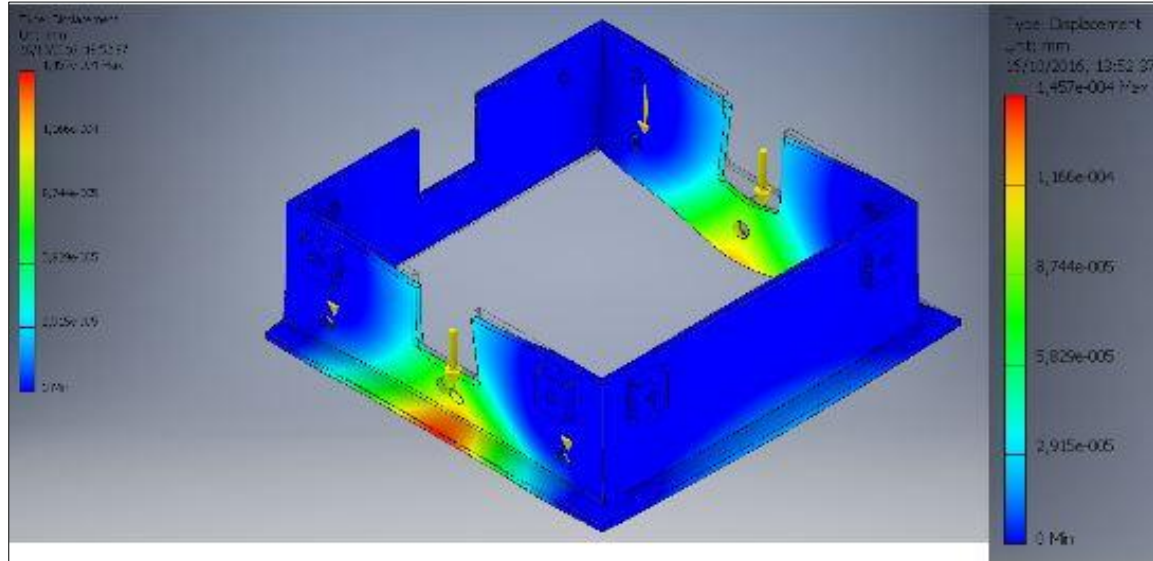
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 0,2686 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (331 MPa, Acero Inoxidable 304) (imagen 61)

Imagen 61. Simulación Von Mises



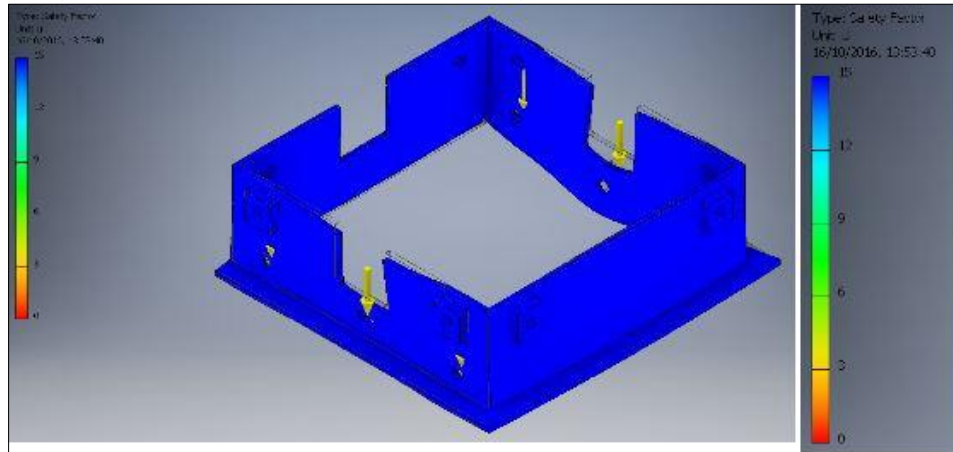
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de  $1,457 \text{ E-4 mm}$ , por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 62)

Imagen 62. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad mínimo de 15, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 63)

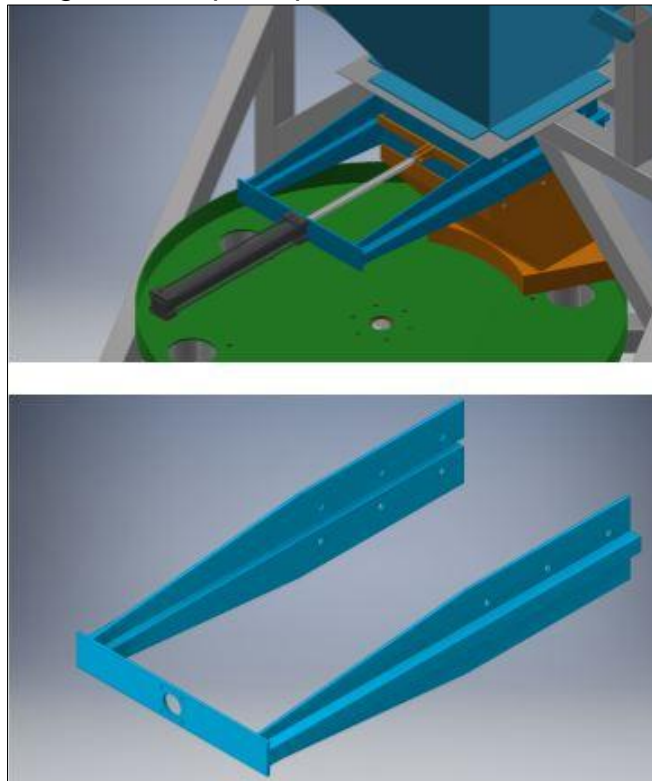
Imagen 63. Simulación Factor de seguridad perno



Del análisis por FEA de la guía superior se deduce que el sistema soportará correctamente las condiciones de operación del elemento.

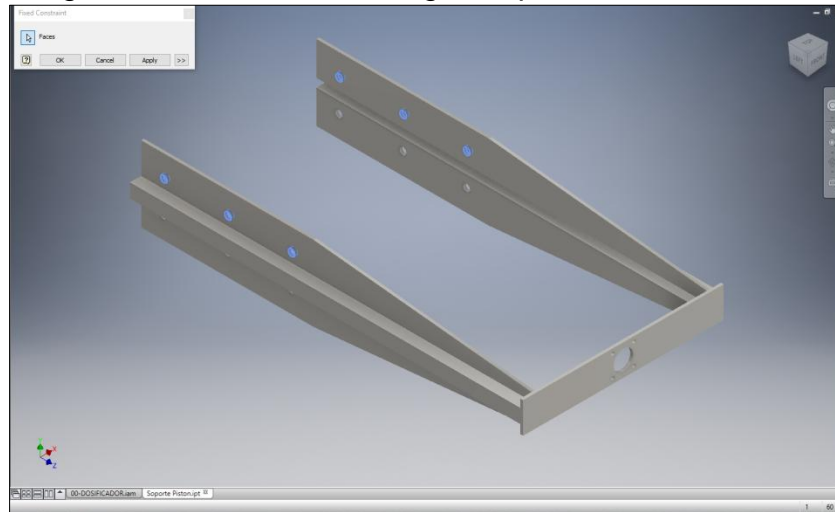
5.2.3.4 Diseño Soporte Pistón. En la imagen 64 se muestra el soporte que tendrá el pistón neumático. Esta pieza fue diseñada a criterio del diseñador, para sostener la lámina que será accionada por un sistema neumático;

Imagen 64. Soporte pistón



Una vez definidas las cargas y el método de soporte de la compuerta se proceden a realizar la simulación del elemento seleccionando la geometría inicial definida. Se definen las restricciones en los agujeros para los pernos de anclaje a la guía superior;

Imagen 65. Restricciones carga del pistón



Una vez colocadas las restricciones se aplica la carga correspondiente al peso del pistón (5,54 N por agujero) y una carga de 108,87 N sobre cada uno de los pernos de la parte inferior que son los que soportarán la carga de la compuerta inferior y por consiguiente la carga del jabón (imagen 66);

Imagen 66. Cargas peso pistón

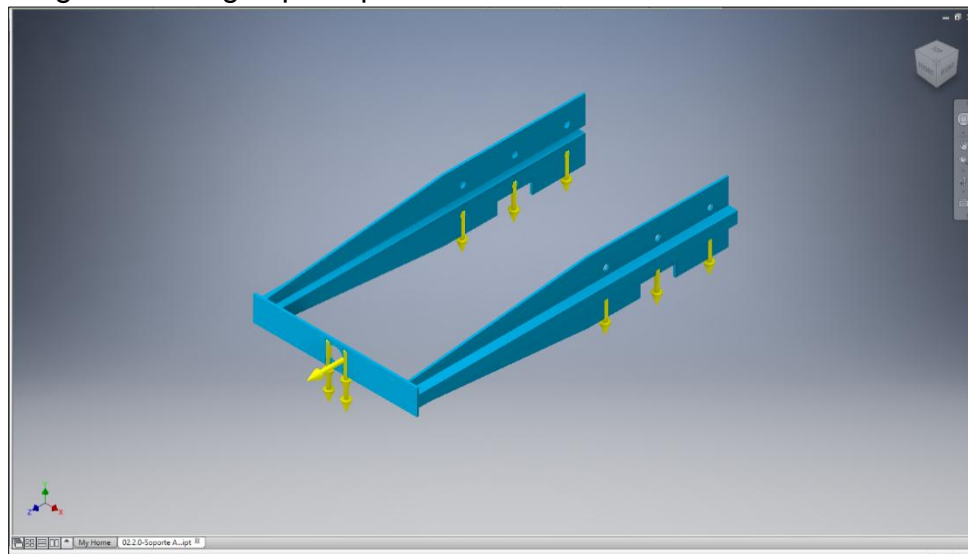
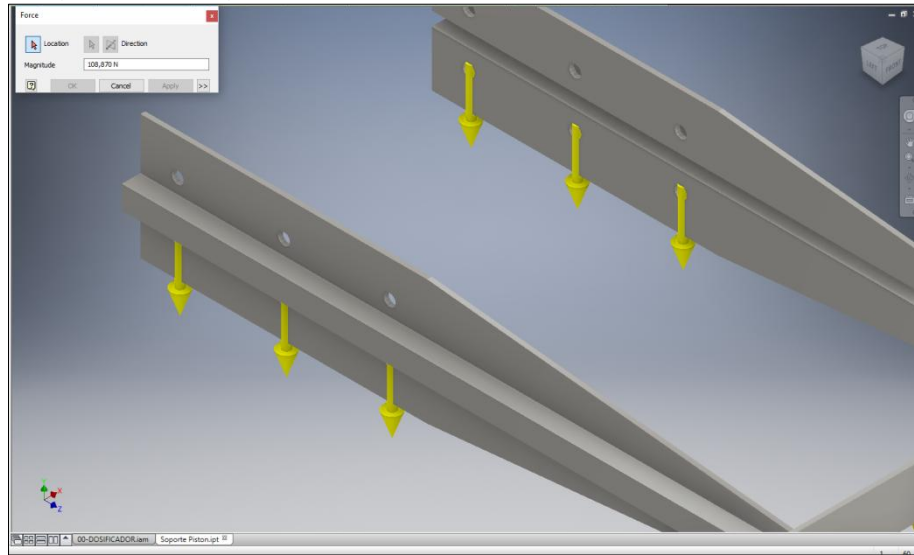




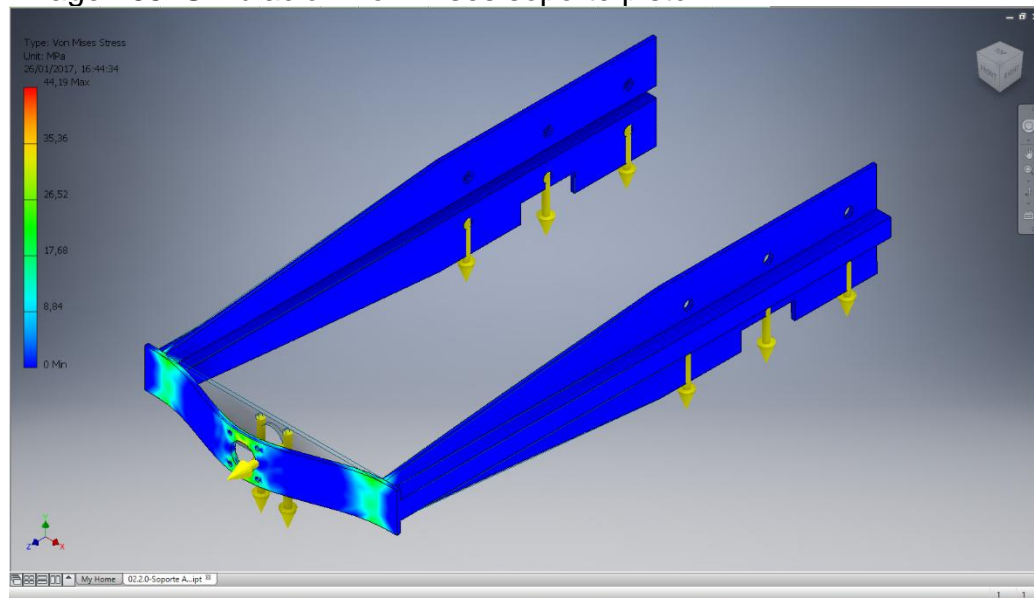
Imagen 67. Cargas soporte pistón



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

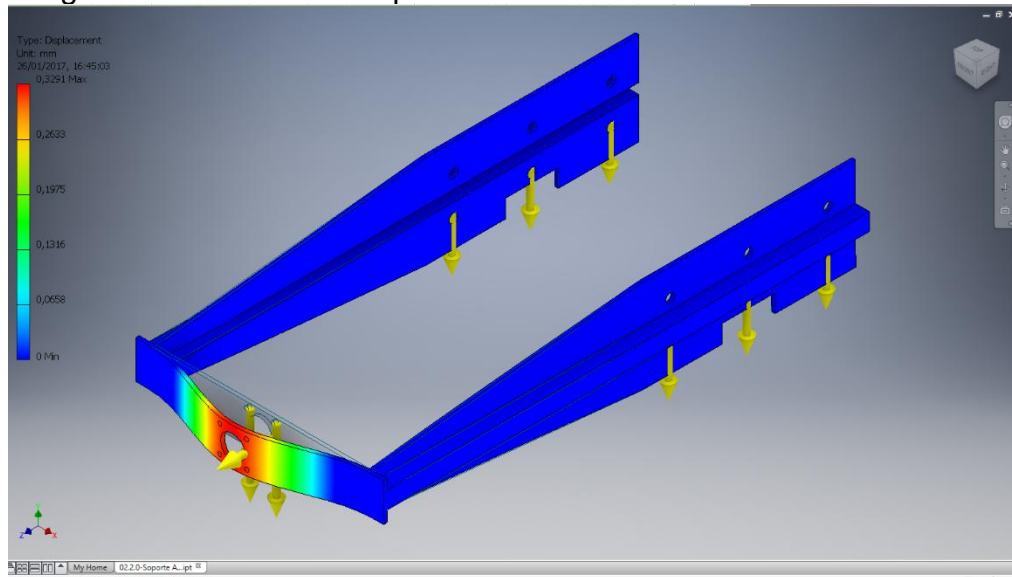
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 0,8282 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (331 MPa, Acero Inoxidable 304) (imagen 68)

Imagen 68. Simulación Von mises soporte pistón



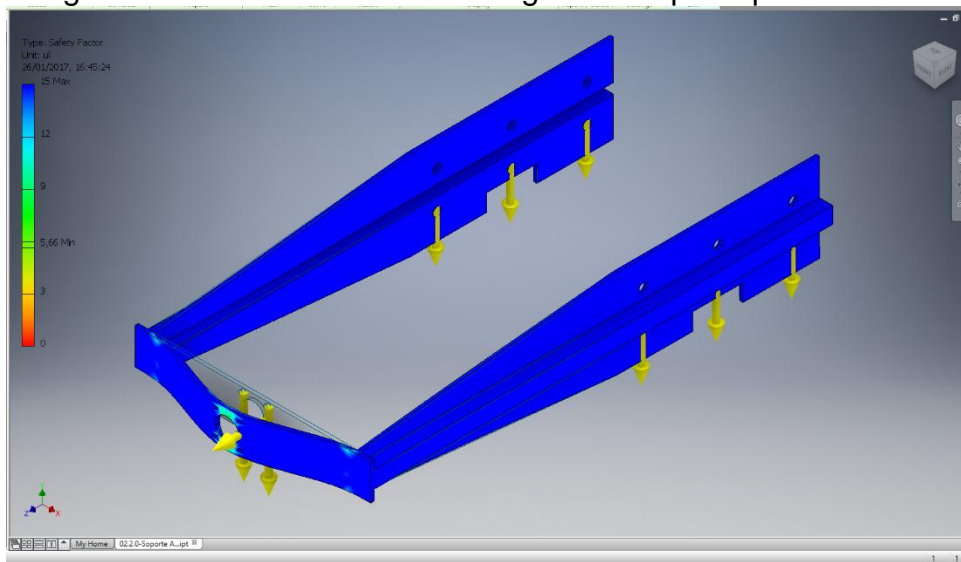
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,00352 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 69)

Imagen 69. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad mínimo de 15, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 70)

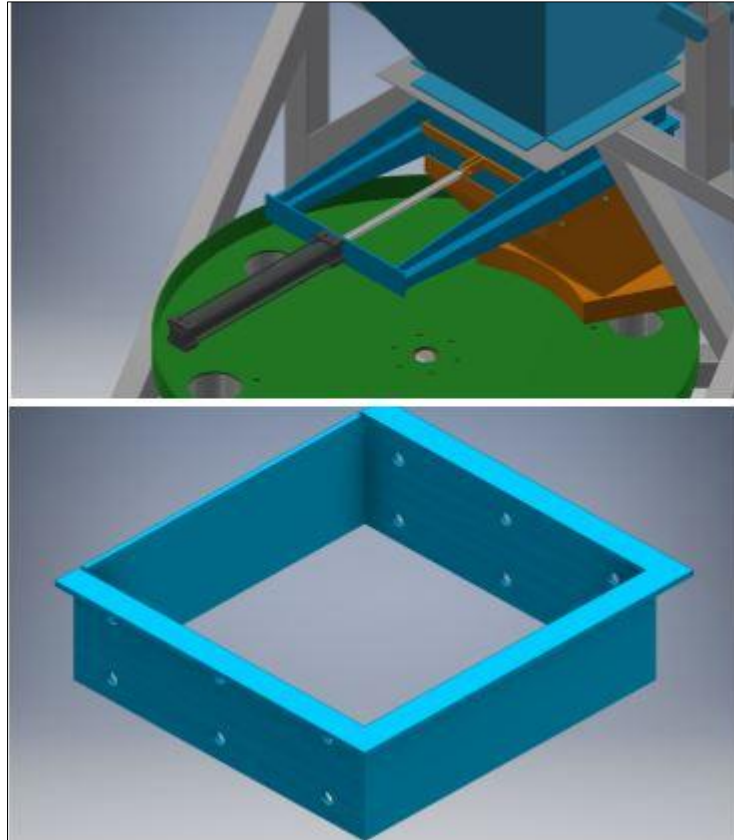
Imagen 70. Simulación Factor de seguridad soporte pistón



Del análisis por FEA del soporte del pistón se deduce que el sistema soportará correctamente las condiciones de operación crítica del elemento.

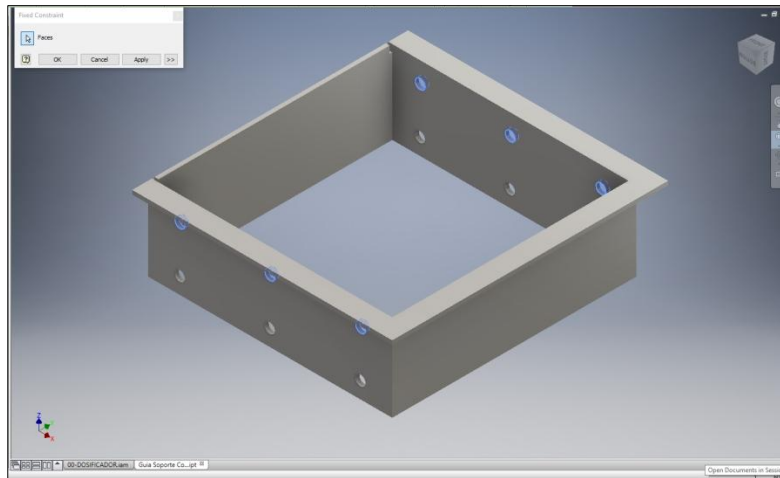
5.2.3.5 Diseño Guía Inferior. Una vez definidas las cargas y el método de soporte de la compuerta se procede a realizar la simulación del elemento seleccionando la geometría inicial definida. Es diseñada a criterio del diseñador;

Imagen 71. Guía inferior



Se definen las restricciones en los agujeros para los pernos de anclaje al soporte del pistón (imagen72);

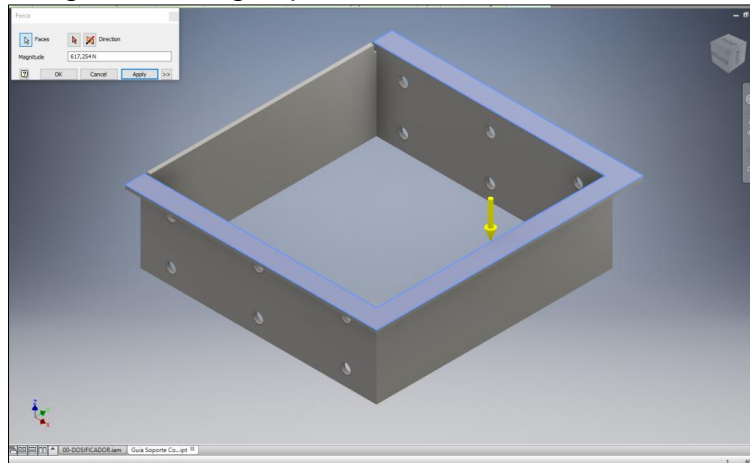
Imagen 72. Restricciones perno inferior



Una vez colocadas las restricciones se aplica una carga de 617,24 N sobre la superficie de contacto con la compuerta (imagen 73).

NOTA: En esta simulación se desprecia el peso ejercido por la guía del jabón al disco dosificador debido a que su peso es considerablemente menor respecto a la carga soportada.

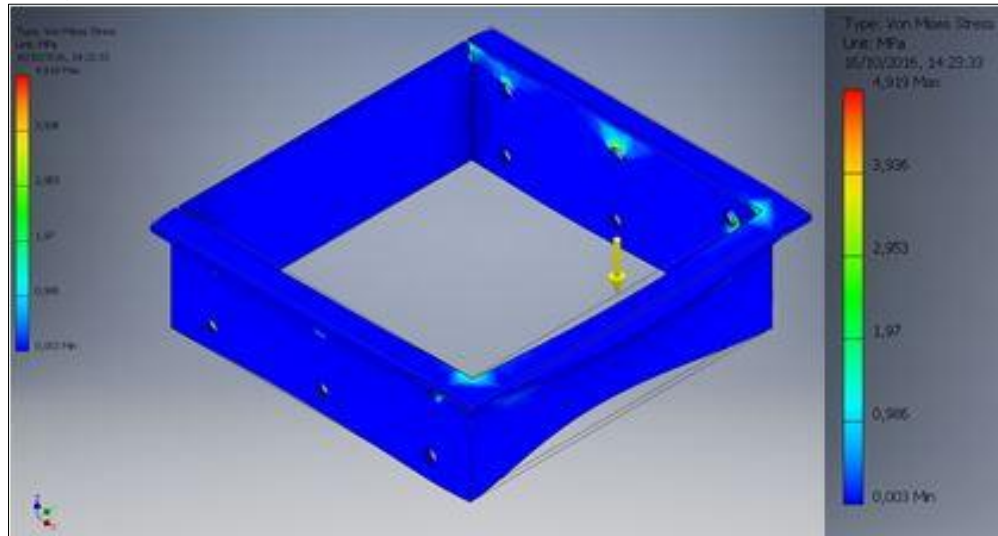
Imagen 73. Cargas perno inferior



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

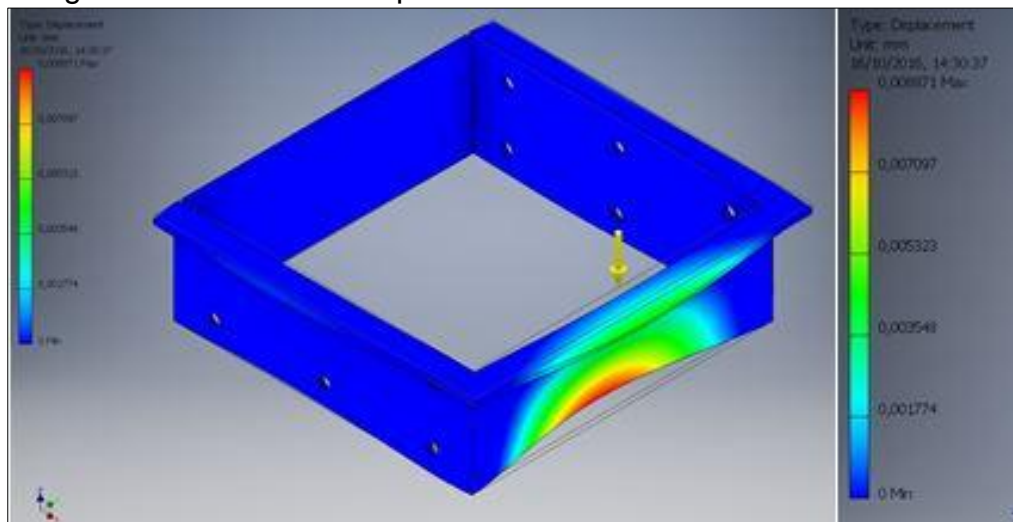
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 4,919 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material (331 MPa, Acero Inoxidable 304) (imagen 74)

Imagen 74. Inspección Von mises



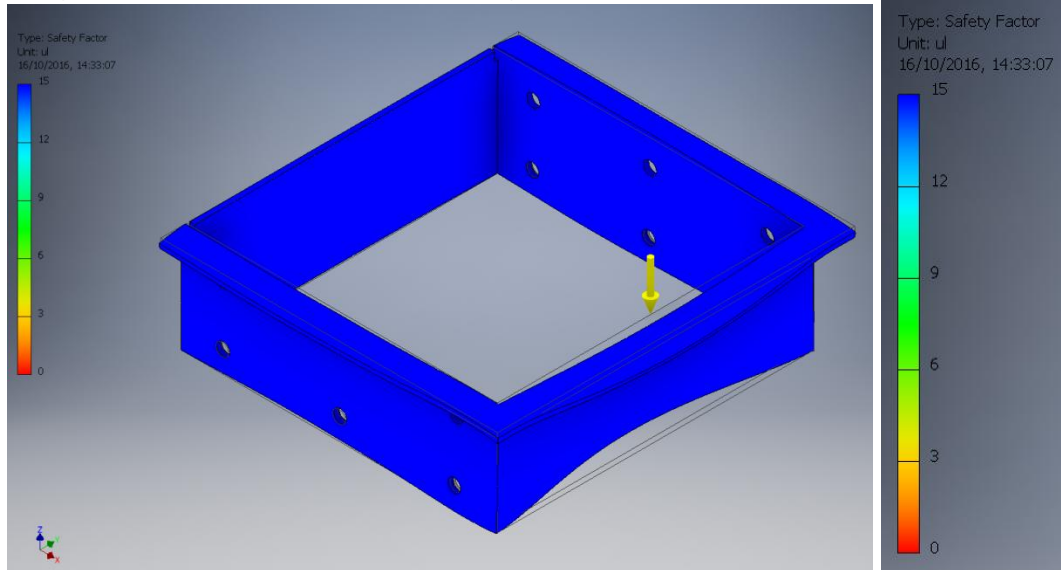
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,008871 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (imagen 75)

Imagen 75. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad de 15, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema (imagen 76)

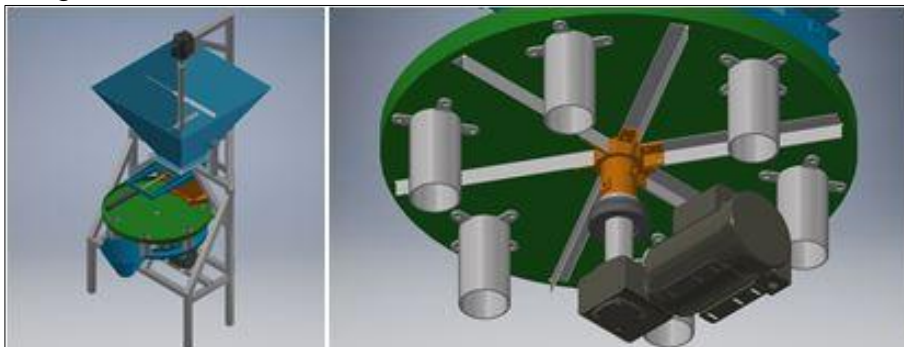
Imagen 76. Simulación factor de seguridad



Del análisis por FEA de la guía inferior se deduce que el sistema soportará correctamente las condiciones de operación crítica del elemento.

5.2.4. Disco Dosificador. Sabiendo que con la descarga de cada vaso del sistema dosificador deberá realizar el llenado de una bolsa de un kilo de jabón.

Imagen 77. Disco dosificador



Se procede a calcular el volumen en litros requerido para cada vaso;

$$V_{jabon} = 1 \text{ Lt}$$

Dónde;

$V_{Vaso}$  = Volumen Vaso Dosificador

$m_{jabon}$  = Cantidad Jabón Requerido

$\rho_{jabon}$  = Densidad del Jabón

Una vez obtenida el volumen que deberán tener los vasos dosificadores se define que el diámetro máximo del vaso dosificador podrá ser de 100mm, por lo que suponiendo este escenario se procederá a calcular la altura del vaso dosificador;

$$V_{Vaso} = \frac{\pi D_{Max}^2}{4} * h$$

$$h = \frac{4 V_{Vaso}}{\pi D_{Max}^2}$$

$$h = \frac{4 * 1 \times 10^{-3} m^3}{\pi * (0,1m)^2}$$

$$h = 0,130 m = 130 m$$

Dónde;

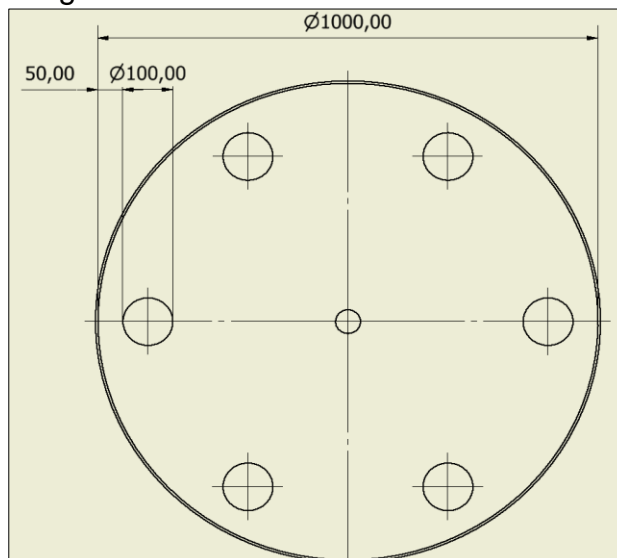
$V_{Vaso}$  = Volumen Vaso Dosificador

$D_{Max}$  = Diámetro Máximo Vaso Dosificador

$h$  = Altura Vaso Dosificador

Para evitar sobredimensiones en la máquina, se define que el diámetro máximo del disco dosificador deberá ser de 1 metro, la distancia al borde no podrá ser mayor de 50 mm y mínimo entre vaso y vaso deberá existir el espacio de un vaso de 100mm (imagen 78).

Imagen 78. Diámetro vasos volumétricos



De acuerdo a lo anterior se procede a calcular el ángulo  $\theta$  de circunferencia que abarca la superficie de un vaso;

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{R_{Vaso}}{R_{Posicion}}$$

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left( \frac{R_{Vaso}}{R_{Posicion}} \right)$$

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left( \frac{50mm}{425mm} \right)$$

$$\theta = 13,42^\circ$$

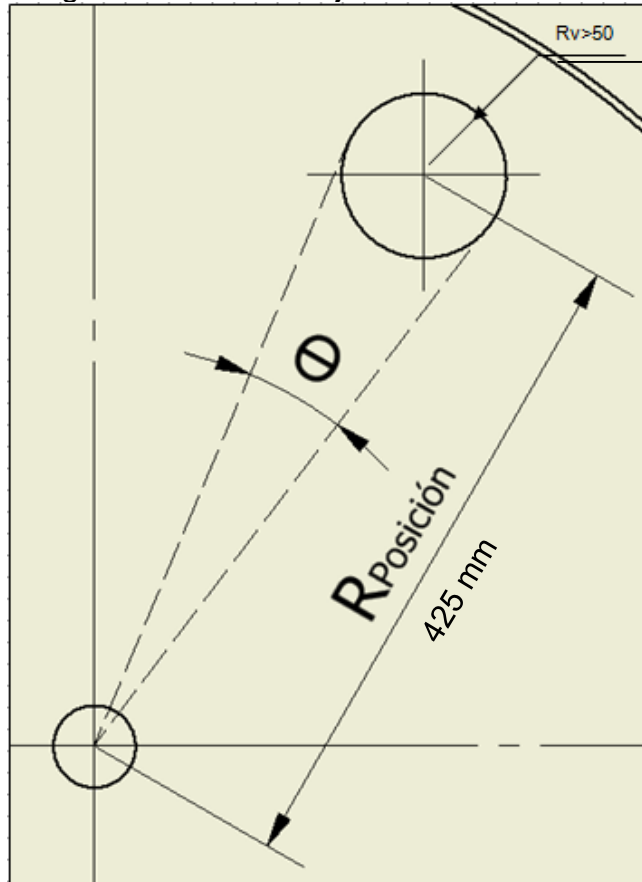
Dónde;

$\theta$  = Ángulo de perímetro vaso

$R_{Vaso}$  = Radio Vaso

$R_{Posicion}$  = Posición del Vaso

Imagen 79. Distancia eje motor-vaso





De lo anterior se define que el número total de vasos máximo permitidos en el disco bajo las condiciones especificadas, será de;

$$N_{Perm} = \frac{360^\circ}{2\theta}$$

$$N_{Perm} = \frac{360^\circ}{2 * 13,42^\circ}$$

$$N_{Perm} = 13,41^\circ \approx 13$$

Para definir la velocidad de giro se procede a realizar un análisis del número de vasos del disco dosificador, versus el volumen total disponible por revolución y la velocidad angular requeridas para cumplir con la capacidad requerida de la máquina;

Cuadro 24. Número de vasos vs volumen total disponible

No. Vasos (N)	Q <sub>Total</sub> /Rev (Lts)	ω <sub>Req</sub> (RPM)
13	19,5	1,538
12	18	1,667
11	16,5	1,818
10	15	2,000
9	13,5	2,222
8	12	2,500
7	10,5	2,857
6	9	3,333
5	7,5	4,000
4	6	5,000
3	4,5	6,667
2	3	10,000

De los resultados anteriormente obtenidos se selecciona como número de vasos optimo 6 con un total de 9 Lts por revolución dando una velocidad requerida de 3,33 RPM para alcanzar la capacidad de 30 Lts/min requerida inicialmente por la máquina; de lo anterior se define como velocidad de operación requerida por el disco 3,5 RPM y se procede a calcular la nueva capacidad máxima del sistema dosificador;

$$Q_{Max} = \omega * Q_{Rev}$$

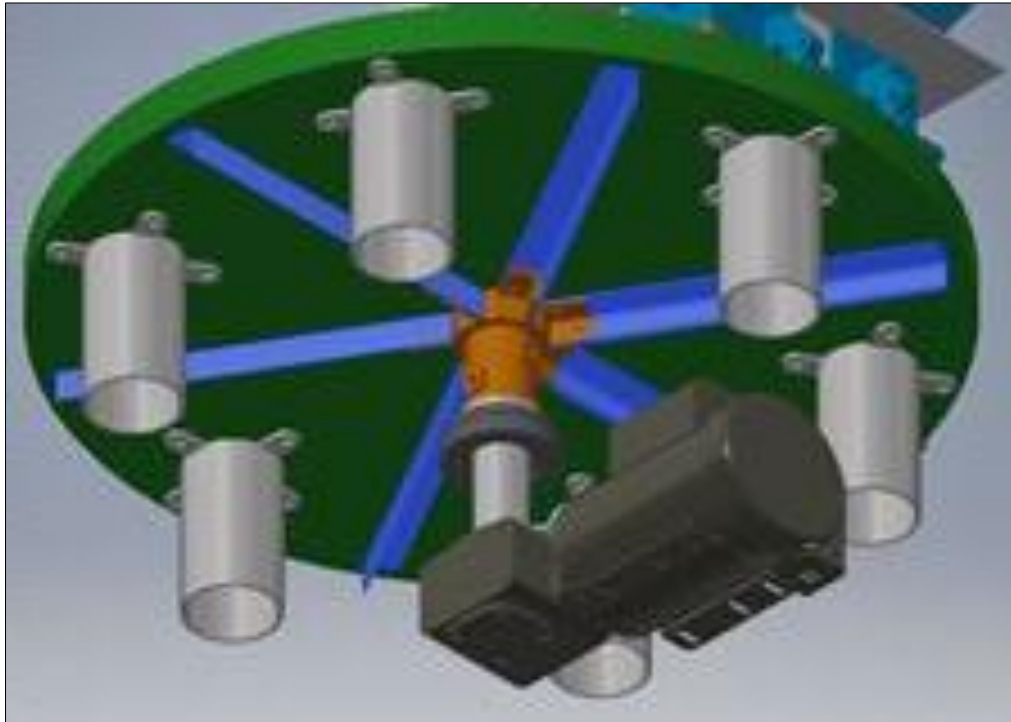
$$Q_{Max} = 3,5 \text{ RPM} * 9 \text{ Lts/Rev}$$

$$Q_{Max} = 31,5 \text{ Lts/Min}$$

5.2.4.1 Soporte Disco Dosificador. El disco dosificador cuenta con 6 soportes que apoyaran la estructura y estarán distribuidos de manera radial como lo muestra la imagen 80;

Para calcular el peso al que estará sometido cada uno de estos elementos se obtiene del modelo CAD que el total de carga a soportar son 479,45 N, por lo que para los cálculos de los elementos se utilizara 490,33 N como carga de diseño.

Imagen 80. Soporte Disco dosificador



Se procede a calcular la carga soportada por cada uno de los elementos de soporte;

$$P_{Elem} = \frac{P}{n}$$

$$P_{Elem} = \frac{490,33 \text{ N}}{6}$$

$$P_{Elem} = 81,72 \text{ N}$$

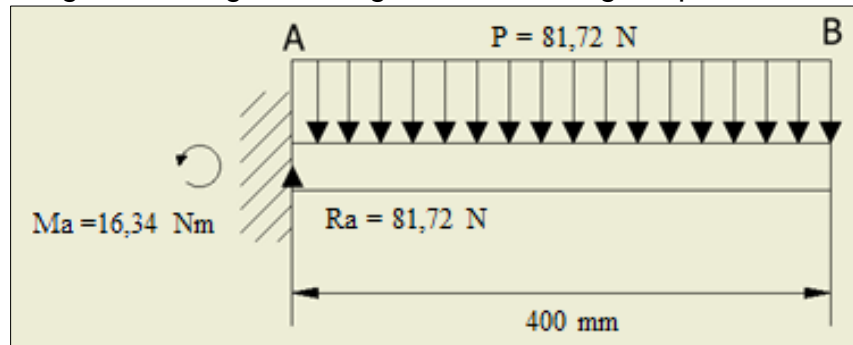
Dónde;

$P_{Elem}$  = Carga por elemento de soporte

$n$  = Número elementos de soporte  
 $P$  = Carga total a soportar por el sistema

Cada uno de los elementos deberá ir acoplado al eje central que será el encargado de garantizar el movimiento por lo que los elementos estarán apoyados como una viga empotrada, de igual manera se conocen las dimensiones del elemento como lo presenta la anterior imagen así que se procede a realizar el cálculo de cortantes y flectores sobre elemento;

Imagen 81. Diagrama cargas actuantes viga soporte



$$\sum F_y = R_a - P = 0$$

Donde;

$R_a$  =Reacción Apoyo  
 $P$  = Carga Aplicada

$$R_a - 81,72 \text{ N} = 0$$

$$R_a = 81,72 \text{ N}$$

Se calcula la sumatoria de momentos;

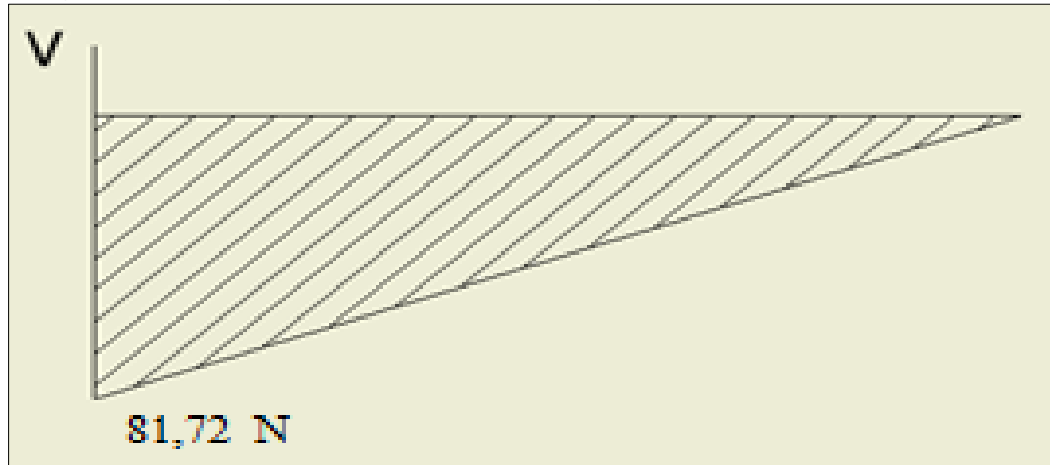
$$\sum^+ M_a = M_a - (P * 0,200m) = 0$$

$$M_a - (81,72\text{N} * 0,200m) = 0$$

$$M_a = 16,34 \text{ Nm} = M_{max}$$

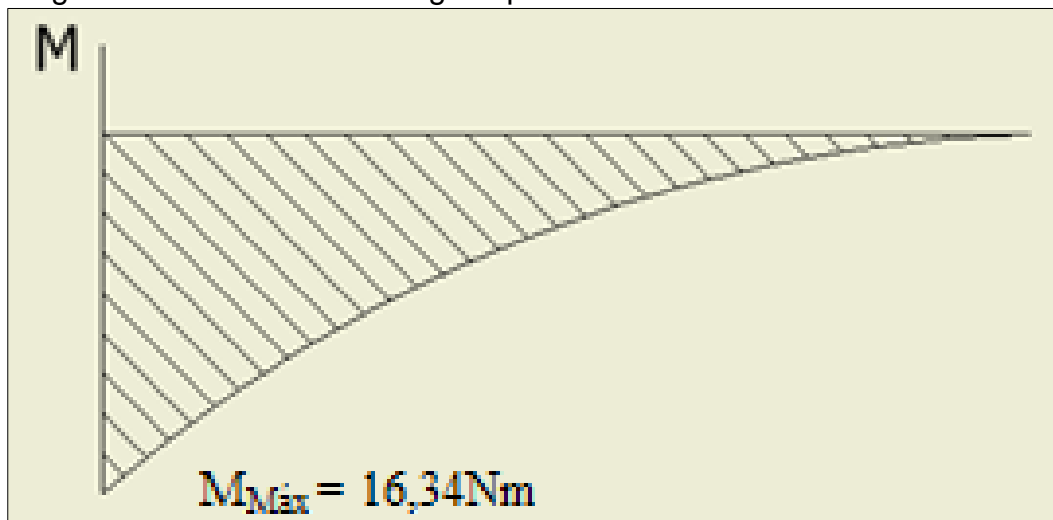
Cuando se tienen las fuerzas que soporta la viga se hace diagrama de cortante;

Imagen 82. Diagrama cortante sobre la viga soporte



Se realiza diagrama de momento flector máximo;

Imagen 83. Momento flector viga soporte



Se procede a calcular el esfuerzo permisible;

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Esfuerzo de fluencia)

$F.S.$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que el factor seleccionado es 2 ya que según el documento "Fundamentos del diseño mecánico"<sup>9</sup> se conocen los esfuerzos, el entorno y las cargas. De igual manera se selecciona como material Acero estructural A36.

Entonces;

$$\sigma_{perm} = \frac{250 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ Mpa} * \frac{1'000.000 \text{ Pa}}{1 \text{ Mpa}} = 125 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el módulo de sección requerido;

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde;

$S_{req}$  = Modulo de sección requerido

$M_{max}$  = Momento flector máximo

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

Entonces;


$$S_{req} = \frac{16,34 \text{ Nm}}{125'000.000 \text{ Pa}} = 1,3072 \times 10^{-7} \text{ m}^3 * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3} = 0,13072 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección anteriormente calculado se procede a buscar en el catálogo de la compañía de hierros de Santander un perfil en ángulo en L que garantice el módulo de sección requerido y garantice un ancho de ala para colocar un perno de al menos ¼";

---

<sup>9</sup> Tecnologías de máquinas (s.f) Factor de seguridad. marzo 26, 2016 de Fundamentos del diseño mecánico. Sitio web: [http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1\\_Fundamentos\\_de\\_diseno/03\\_CoeficienteSeguridad.pdf](http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1_Fundamentos_de_diseno/03_CoeficienteSeguridad.pdf)

Tabla 6. Perfil ángulo L

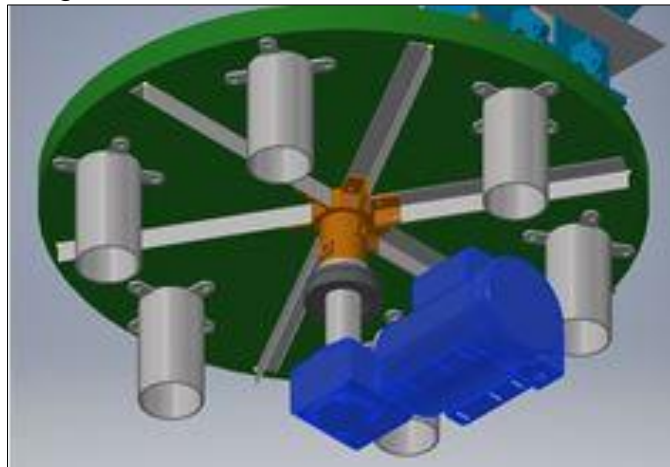


ÁNGULO TIPO AMERICANO DE LADOS IGUALES																
Dimensiones y propiedades para el diseño																
PERFILES EN L	DIMENSIONES			DISTANCIAS DE LOS EJES			AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS							
	ALTURA=ALA		RADIOS	x=y	w	z			EJE X-X = Y-Y			EJE W-W			EJE Z-Z	
	h	s	r1						lx	Sx	rx	ln	m	lz	Sz	rz
DESIGNACIÓN	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	kg/mt	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
L 1/8" X 3/4"	19.05	3.17	3.20	0.58	1.34	0.82	1.11	0.88	0.37	0.28	0.58	0.58	0.73	0.16	0.19	0.38
L 1/8" X 1"	25.40	3.17	3.20	0.76	1.79	1.07	1.52	1.19	0.92	0.51	0.79	1.24	0.93	0.41	0.38	0.48
L 1/8" X 1 1/4"	31.75	3.17	4.70	0.89	2.24	1.25	1.93	1.50	1.83	0.80	0.97	2.91	1.19	0.83	0.66	0.60
L 1/8" X 1 1/2"	38.10	3.17	4.70	1.07	2.69	1.51	2.34	1.83	3.25	1.18	1.17	5.41	1.47	1.24	0.82	0.73

Fuente: catálogo de la compañía de hierros de Santander página 1

5.2.4.2 Motor Accionamiento Sistema. En la imagen 84 se muestra de manera detallada la posición en donde ira el motor de accionamiento;

Imagen 84. Motoreductor accionamiento disco



Para seleccionar el motor de accionamiento del sistema es necesario calcular el torque requerido para accionar el sistema, por lo que se inicia realizando cálculos, sabiendo que será requerido movilizar un peso total de 65 Kgf y que el radio del disco es de 500 mm, se procede a calcular el torque del sistema;

$$T_{req} = Pr$$

$$T_{req} = 65 \text{ Kgf} (0,5m)$$

$$T_{req} = 32,5 \text{ Kgf m} = 5,25 \text{ Nm}$$

Donde;

$T_{req}$  = Torque requerido por el sistema (Kgf m)

$P$  = Peso sistema a movilizar (Kgf)

$r$  = Radio de giro del eje (m)

Una vez calculado el torque requerido y sabiendo que la mínima velocidad de giro del sistema durante operación será de máximo 10 RPM se procede a calcular la potencia requerida del motor;

$$P_{Req} = \frac{T * \omega}{716}$$

$$P_{Req} = \frac{32,5Kg m * 10 RPM}{716}$$

$$P_{Req} = 0,5 HP = 0,38 kW$$

Con los valores anteriores se procede a seleccionar un motorreductor de la compañía Siemens tipo D.68-LA71ZMP4 – 2KJ1204-CG13-M1;

Tabla 7. Selección motor-reductor

Determining the gearbox type in accordance with the power rating and output speed							
Power rating $P_{Motor}$ kW (60 Hz)	Output speed $n_2$ (60 Hz) rpm		Torque $T_2$ Nm	Gearbox ratio $i_{tot}$		For further information, see page	
<b>Helical geared motors E, D, and Z</b>							
0.09	3.00	6.6	285	130.0	208.77	133.57	2/8
0.12	0.05	302.0	16 373	3.8	28 260.00	4.47	2/8 ... 2/11
0.18	0.05	377.0	24 136	4.6	24 996.00	3.58	2/11 ... 2/15
0.25	0.08	486.0	23 171	5.1	16 361.00	3.33	2/15 ... 2/19
0.37	0.12	383.0	24 391	9.2	11 066.00	3.58	2/19 ... 2/22
0.55	0.20	415.0	23 539	13.0	7 008.00	3.31	2/23 ... 2/26

Fuente: catálogo Siemens D.68-LA71ZMP4 página 17

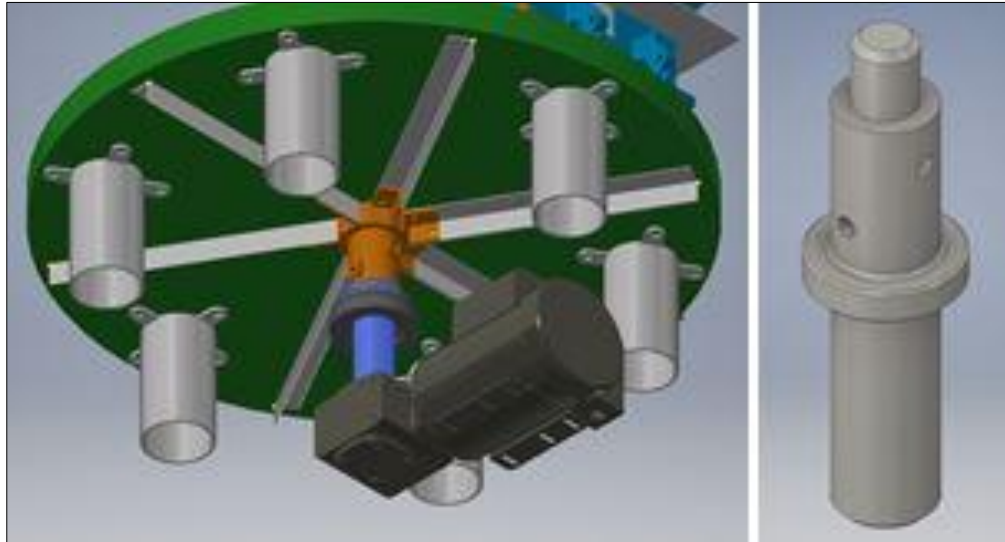
Tabla 8. Selección motor reductor (2)

Selection and ordering data (continued)								
Power rating $P_{Motor}$ kW	Output speed $n_2$ (50 Hz) rpm		Output torque $T_2$ Nm	Service factor $f_B$	Gearbox ratio $i_{tot}$	Order No.	Order code (No. of poles)	Weight <sup>*)</sup> kg
0.55 (50 Hz)	<b>D.68-LA71ZMP4</b>							
0.66 (60 Hz)	10.8	13.0	485	1.7	126.41	★ 2KJ1204 - CG13 - M1		46
	11.9	14.3	440	1.8	114.78	★ 2KJ1204 - CG13 - L1		46
	13.1	15.7	402	2.0	104.80	★ 2KJ1204 - CG13 - K1		46
	14.2	17.0	369	2.2	96.16	★ 2KJ1204 - CG13 - J1		46

Fuente: catálogo Siemens 2KJ1204-CG13-M1 página 84

5.2.4.3 Eje Accionamiento. Se tiene que el eje de accionamiento del sistema ira acoplado a un motor de 0,55 kW, y en operación alcanzara torques de hasta 485 Nm, se selecciona acero inoxidable como material de fabricación;

Imagen 85. Eje de accionamiento disco



Para una vista más detallada del acople ver imagen 94.

Habiendo definido lo anterior se procede a calcular el esfuerzo admisible por torsión para el elemento;

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

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

$$\tau_{Per} = \frac{0,57 * 3,310 * E8 Pa}{2}$$

$$\tau_{Per} = 94,335 + E6 Pa$$

Dónde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\tau_{Per}$  = Esfuerzo Permisible a Torsión

$\tau_{Flu}$  = Esfuerzo Fluencia a Torsión

$F.S.$  = Factor Seguridad



Sabiendo la forma de cálculo del esfuerzo por torsión y el torque al que está sometido el elemento se hará uso de un eje macizo; por lo que se procede a calcular el radio conociendo el momento polar de inercia (J) para un eje macizo <sup>10</sup>;

$$\tau_{Per} = \frac{T * c}{J}$$

$$\tau_{Per} = \frac{T * R}{\frac{\pi}{4} R^4}$$

$$R^3 = \frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}} \quad \rightarrow \quad R = \sqrt[3]{\frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}}}$$

$$R_2 = \sqrt[3]{\frac{485 Nm}{\frac{\pi}{4} * 94.335 + E6 Pa}}$$

$$R = 0,0187 m = 18,706 mm$$

$$D = 2R \quad \rightarrow \quad D = 37,42 mm \cong 1 \frac{1}{2} in$$

Donde;

- $\tau_{Per}$  = Esfuerzo Permisible
- $T$  = Torque Máximo Durante Operación
- $R$  = Radio Eje
- $D$  = Diámetro Eje
- $J$  = Momento polar de Inercia

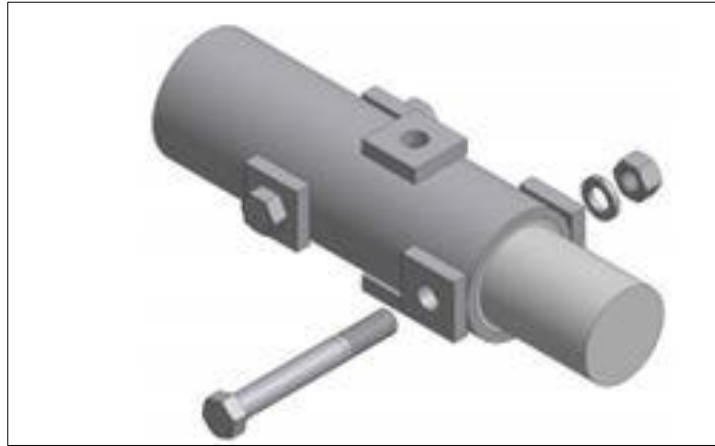
De lo anterior se concluye que utilizara un eje de acero inoxidable 304 de  $1 \frac{1}{2} in$  como diámetro mínimo.

5.2.4.4 Pernos Unión Eje - Acople Disco Dosificador. Pernos de sujeción (imagen 85);

---

<sup>10</sup> <http://www.efunda.com/math/areas/CircleHollow.cfm>

Imagen 86. Pernos unión eje-acople



Estos cálculos se tomaron a partir de libro de “Diseño de elementos de máquinas”<sup>11</sup>. El tornillo seleccionado es un tornillo de grado 5;

Cuadro 25. Descripción de los pernos

Grado número	Tamaños de perno (pulg)	Resistencia a la tensión (ksi)	Resistencia de fluencia (ksi)	Resistencia de prueba (ksi)	Marcas en la cabeza
1	1/4 - 1½	60	36	33	Ninguna
2	1/4 - 3/4	74	57	55	Ninguna
	> 3/4 - 1½	60	36	33	
4	1/4 - 1½	115	100	65	Ninguna
5	1/4 - 1	120	92	85	
	> 1 - 1½	105	81	74	
7	1/4 - 1½	133	115	105	
8	1/4 - 1½	150	130	120	

Fuente: [http://www.susferrin.com.ar/\\_capacitacion/pdf/SUSFERRIN\\_Diseño\\_Elementos\\_Maquinas.pdf](http://www.susferrin.com.ar/_capacitacion/pdf/SUSFERRIN_Diseño_Elementos_Maquinas.pdf)

Conociendo el torque máximo aplicado sobre el será de 485 Nm se puede decir lo siguiente;

$$F = \frac{T}{d}$$

Donde;

$F$  = Fuerza aplicada sobre el eje

$T$  = Torque del tornillo sinfín

$d$  = Distancia donde se aplica el torque (radio del eje macizo 0.0187 m)

<sup>11</sup> Ibid., p 715

Entonces;

$$F = \frac{485 Nm}{0,0187 m}$$

$$F = 25.935,82 N$$

Ahora es necesario determinar el esfuerzo cortante permisible con base al esfuerzo normal;

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{per}$  =Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Resistencia a la fluencia)

$F.S$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que se selecciona como factor de seguridad 2 debido a que se conoce en totalidad las cargas y el entorno, esto de determino basado en el libro "Diseño de elemento de máquinas"<sup>12</sup>;

Entonces;

$$\sigma_{per} = \frac{57.000Psi * \frac{6.894,7Pa}{1 psi}}{2}$$

$$\sigma_{per} = 196,50 MPa$$

Ahora se requiere calcular el esfuerzo cortante permisible;

$$\tau_{per} = 0,57 * \sigma_{per}$$

Donde;

$\tau_{per}$  = Esfuerzo cortante permisible

Entonces;

$$\tau_{per} = 0,57 * 196,50058 MPa$$

---

<sup>12</sup> Ibid, p 456

$$\tau_{per} = 112,0053 \text{ MPa}$$

Teniendo la fuerza que se aplica sobre el eje y el esfuerzo cortante permisible se puede decir que;

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

$$r = \sqrt{\frac{F}{2 * \pi * \tau_{per}}}$$

Donde;

$r$  = Radio del perno

$A$  = Área

Entonces;

$$r = \sqrt{\frac{25.935,83 \text{ N}}{2 * \pi * 112,0053 \text{ MPa}}} = 0,0060707 \text{ m}$$

Se decide utilizar 2 tornillos para así dividir la carga cortante. El diámetro de los tornillos será;

$$D = 2r$$

$$D = 2 * 0,0060707 \text{ m}$$

$$D = 0.01214 \text{ m} = 12,14 \text{ mm} \cong 1/2 \text{ in}$$

Por lo que se procede a seleccionar tornillos de 1/2 pulgada de diámetro cruzados a 90 grados y a 4 cm entre cada uno a lo largo del eje. Estos son de la empresa SOLIDER como muestra en la tabla 9;

Tabla 9. Selección perno para anclaje de eje macizo

PERNO HEXAGONAL GRADO 5 UNF PAVONADO													
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS													
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
H Min	3,81	4,95	5,74	6,91	7,67	8,84	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	22,91
F Máx	11,13	12,70	14,27	15,88	19,05	20,62	23,83	28,58	33,32	38,10	42,88	47,63	57,15
LR Min <small>Cuerpo L hasta F</small>	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3.1/4"
LR Min <small>Cuerpo L hasta ø D</small>	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.5/8"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Para la selección de la tuerca se tomó en cuenta las características del perno; es decir, se seleccionó con el mismo grado 5 y las mismas dimensiones como lo muestra en la y tabla 10;

Tabla 10. Selección de tuerca para anclaje de eje macizo

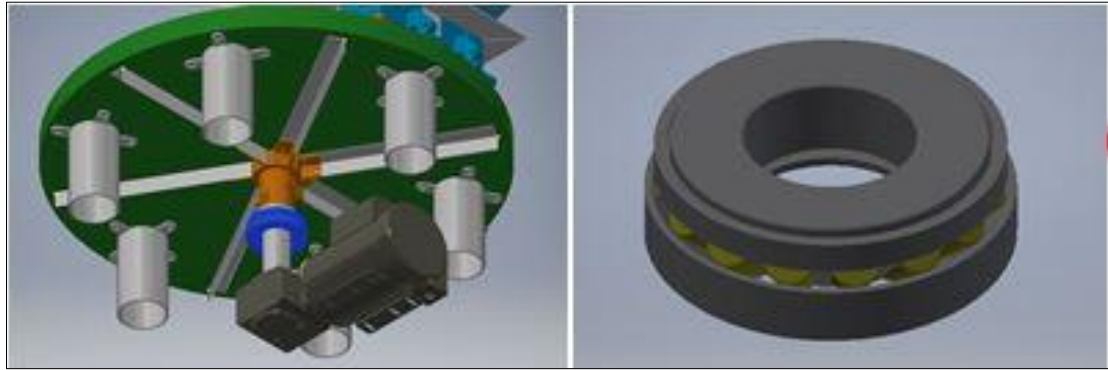
TUERCA HEXAGONAL GRADO 5 UNC PAVONADA													
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS													
ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
P	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6
H Máx	5,74	6,93	8,56	9,78	11,39	12,60	14,20	16,89	19,71	22,53	25,37	27,79	33,45
F Nom	7/16" <small>(11,18)</small>	1/2" <small>(12,7)</small>	9/16" <small>(14,27)</small>	11/16" <small>(17,48)</small>	3/4" <small>(19,05)</small>	7/8" <small>(22,23)</small>	5/16" <small>(23,83)</small>	1.1/8" <small>(28,58)</small>	1.5/16" <small>(33,32)</small>	1.1/2" <small>(38,1)</small>	1.11/16" <small>(42,88)</small>	1.7/8" <small>(47,63)</small>	2.1/4" <small>(57,15)</small>

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Y por último para determinar la longitud de tornillo se suma al diámetro exterior del tubo del tornillo el ancho de tuerca.

5.2.4.5 Selección Rodamiento Soporte. Se tiene que el eje de diámetro de 1 1/2 pulgadas no solo será el encargado de transmitir el par torsional al sistema dosificador sino también soportar la carga de 637,65 N correspondiente al disco y sus componentes;

Imagen 87. Rodamiento soporte



Por lo que conociendo el diámetro del eje y la carga a soportar se procede a seleccionar un rodamiento de rodillos SKF 29412 E;

Tabla 11. Selección rodamiento de rodillos

Dimensions				29412 E	
	d	60	mm	<b>Calculation data</b>	
	D	130	mm	Basic dynamic load rating	C 390 kN
	H	42	mm	Basic static load rating	C <sub>0</sub> 915 kN
	d <sub>1</sub>	≈ 112	mm	Fatigue load limit	P <sub>u</sub> 114 kN
	D <sub>1</sub>	≈ 85.5	mm	Reference speed	2800 r/min
	B	27	mm	Limiting speed	5000 r/min
	B <sub>1</sub>	36.7	mm	Minimum axial load factor	A 0.08
	C	21	mm	<b>Mass</b>	
	s	38	mm	Mass bearing	2.6 kg
<b>Abutment dimensions</b>					
	r <sub>1,2</sub>	min.	1.5	mm	
	d <sub>a</sub>	min.	90	mm	
	d <sub>b1</sub>	max.	67	mm	
	d <sub>b2</sub>	max.	67	mm	
	D <sub>a</sub>	max.	107	mm	
	r <sub>a</sub>	max.	1.5	mm	

Fuente: catálogo SKF 29412 E página 1

La carga máxima axial para el rodamiento tanto dinámica como estática se obtiene de la siguiente ecuación;

$$C_{Axial} = C_B * A$$

Donde;

$C_{Axial}$  = Carga Axial Soportada

$C_B$  = Carga Básica Soportada (Estática o Dinámica)

$A$  = Factor de Carga Axial

Se selecciona el rango de carga básica Dinámica que es el menor para calcular la carga axial soportada por el rodamiento, obteniendo;

$$C_{Axial} = 390kN * 0,08$$

$$C_{Axial} = 31,2 kN$$

Una vez obtenida la carga axial soportada por el rodamiento se procede a calcular el factor de seguridad del elemento de acuerdo a la carga aplicada sobre el mismo;

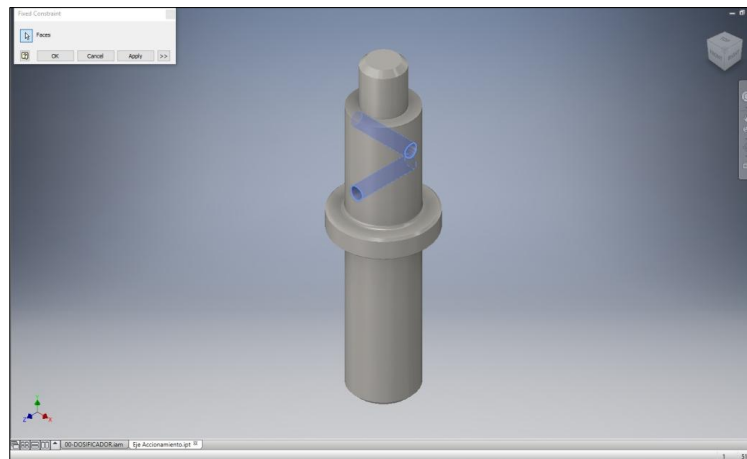
$$F.S. = \frac{C_{Axial}}{C_{Aplicada}}$$
$$F.S. = \frac{31,2 kN}{0,63765 kN}$$

$$F.S. = 48,93$$

De lo anterior se comprueba que el rodamiento cumple con las condiciones de diseño requeridas.

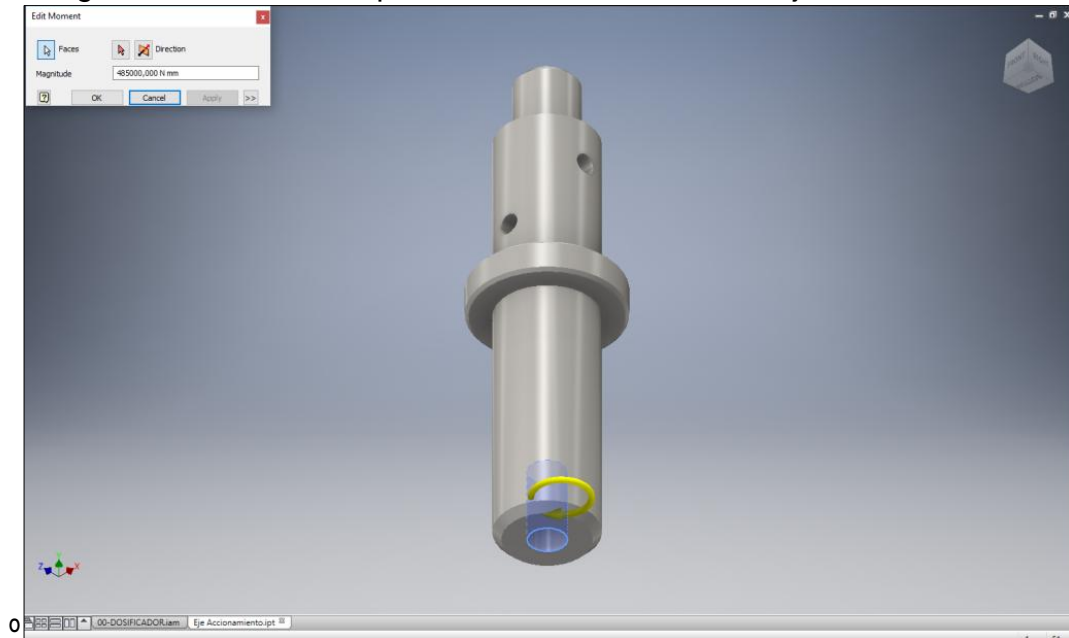
5.2.4.6 Verificación del Eje Accionamiento (Torsión). Del cálculo de los pernos de acople del eje de accionamiento se obtuvo que el diámetro requerido por los pernos será de 1/2 pulgada por lo que se procede a verificar que con las perforaciones realizadas el comportamiento del eje bajo torsión sea el adecuado;

Imagen 88. Verificación eje-accionamiento (torsión)



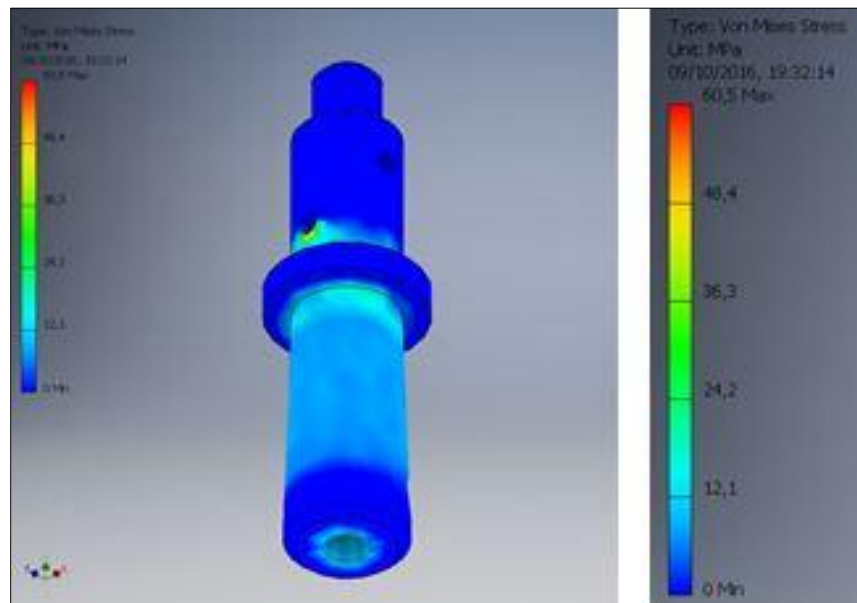
Una vez colocadas las restricciones se aplica un momento de 485 Nm sobre el agujero inferior por donde se aplicará el torque a la pieza;

Imagen 89. Restricción aplicación de momento en el eje



Se realiza la simulación obteniendo los siguientes resultados para esfuerzos Von Mises;

Imagen 90. Esfuerzo Von mises

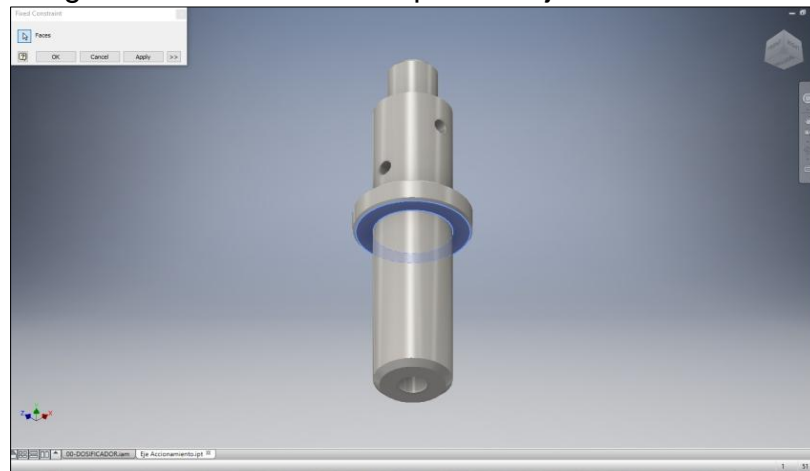




De lo anterior se comprueba que el eje cumple con los requerimientos de diseño debido a que el máximo esfuerzo en el sistema por torsión (60,5 MPa) no excede el esfuerzo permisible sobre el material (94,34MPa).

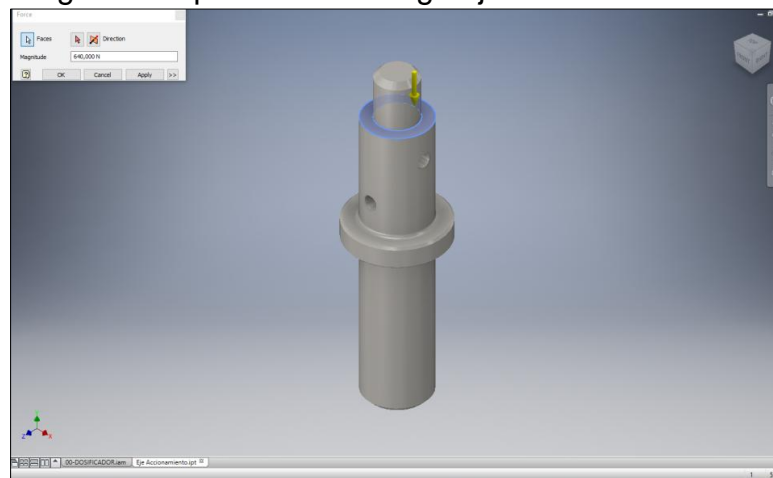
5.2.4.7 Verificación del Eje Accionamiento (Compresión). El eje de accionamiento no solamente estará sometido a esfuerzos por torsión sino también de compresión por lo que se procede a verificar que el elemento cumpla con las condiciones de diseño. Se colocan restricciones;

Imagen 91. Verificación compresión eje accionamiento



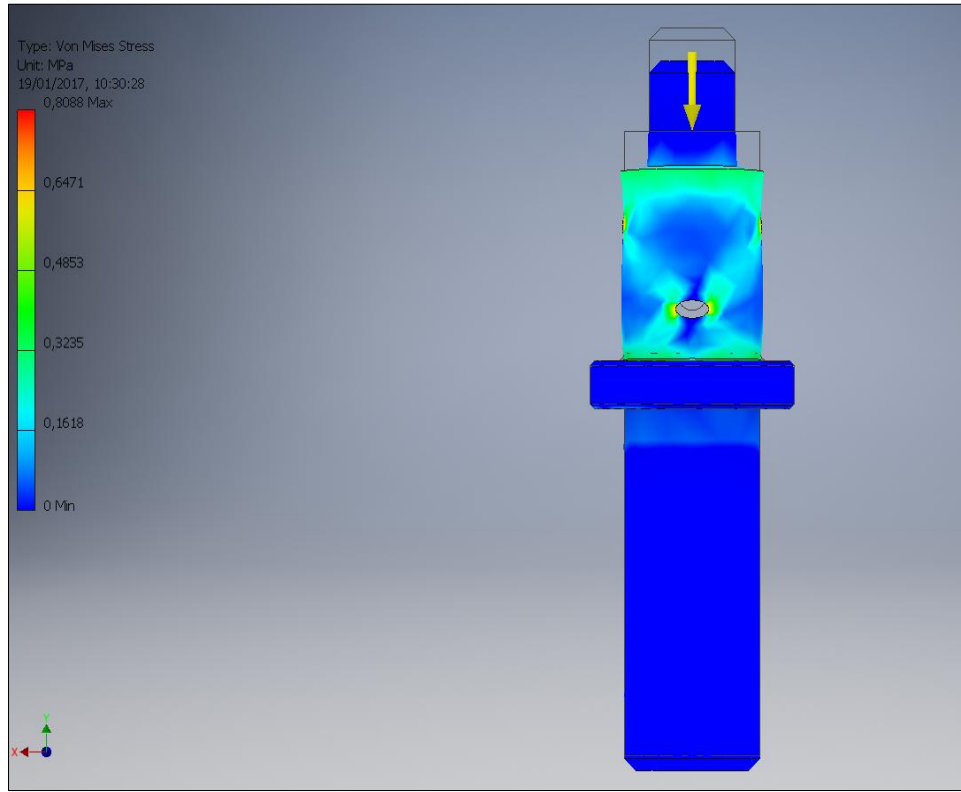
Una vez colocadas las restricciones se aplica una carga de 640 N en el escalón del eje que soportará el peso del disco dosificador;

Imagen 92. Aplicación de carga eje accionamiento



Se realiza la simulación obteniendo los siguientes resultados para esfuerzos Von Mises;

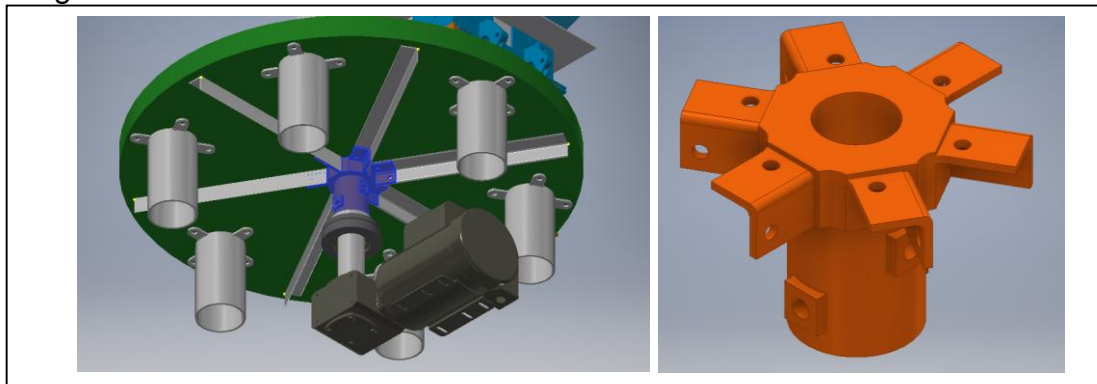
Imagen 93. Esfuerzos Von mises



De lo anterior se comprueba que el eje cumple con los requerimientos de diseño debido a que el máximo esfuerzo en el sistema por compresión (0,8088 MPa) no excede el esfuerzo permisible sobre el material (94,34MPa).

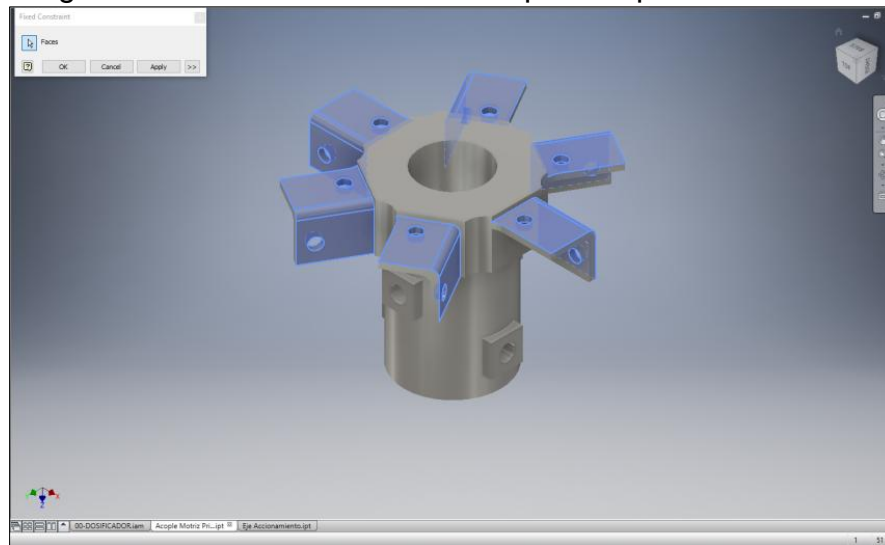
5.2.4.8 Pieza de ensamble Disco Dosificador-Eje. Será la encargada de unir el Disco Dosificador y el, esta pieza ira ensamblada al eje con los pernos de unión calculados anteriormente;

Imagen 94. Pieza de ensamble disco dosificador



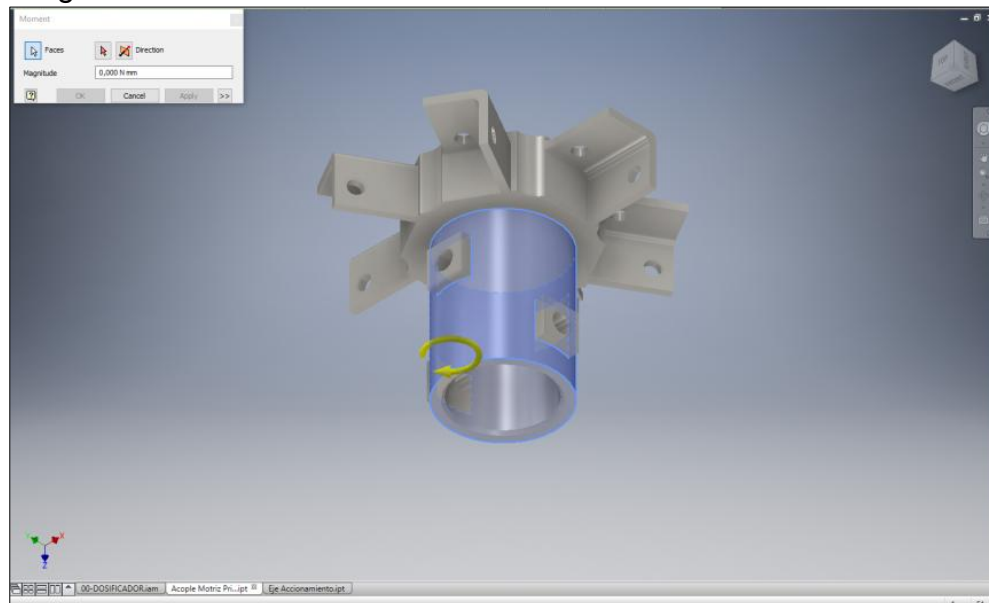
Debido a la complejidad del elemento se define un diseño preliminar basado en la geometría de los elementos que interactuarán con este y se procede a verificar su comportamiento bajo las condiciones críticas de diseño sabiendo que el material de fabricación será acero inoxidable 304. Se proceden a colocar las restricciones del elemento en las caras y orificios donde irán montadas los perfiles de soporte y los tornillos de anclaje de estos elementos;

Imagen 95. Restricciones en la cara perfil soporte



Una vez colocadas las restricciones se aplica un momento de 485 Nm sobre el cilindro por donde entrara el torque al elemento;

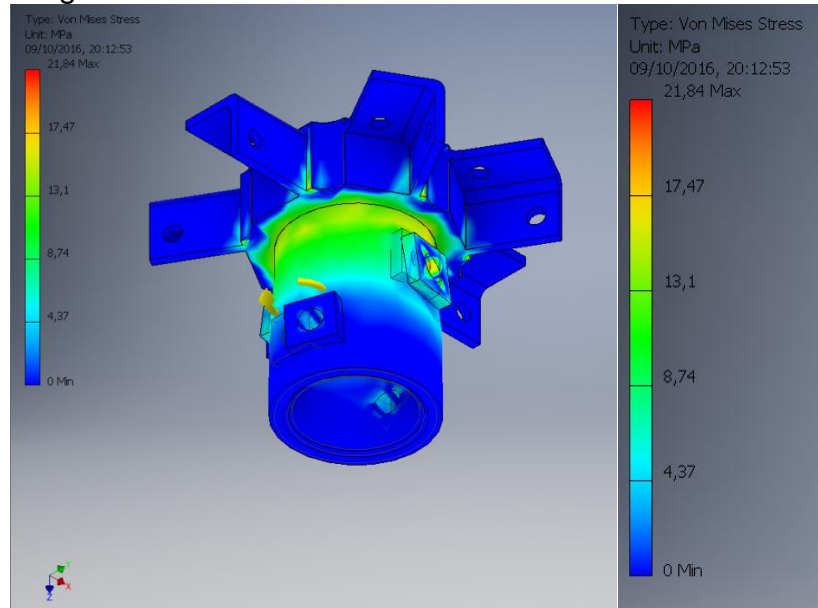
Imagen 96. Momento en el cilindro



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

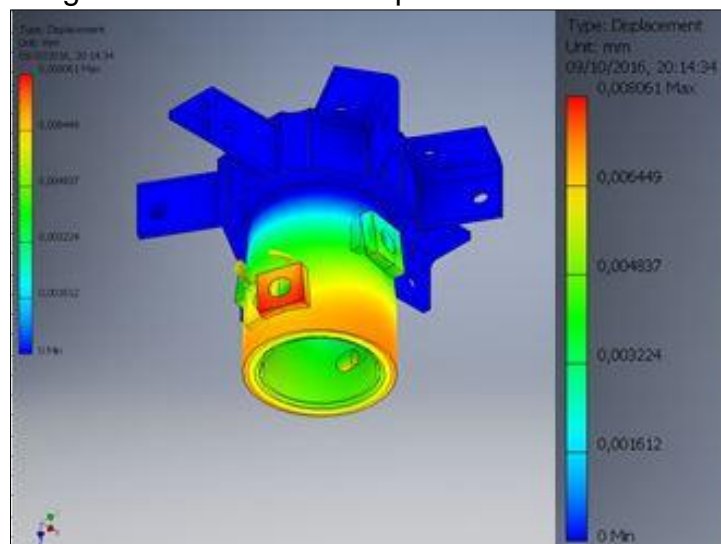
- ✓ Von mises. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 21,84 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material

Imagen 97. Simulación Von mises



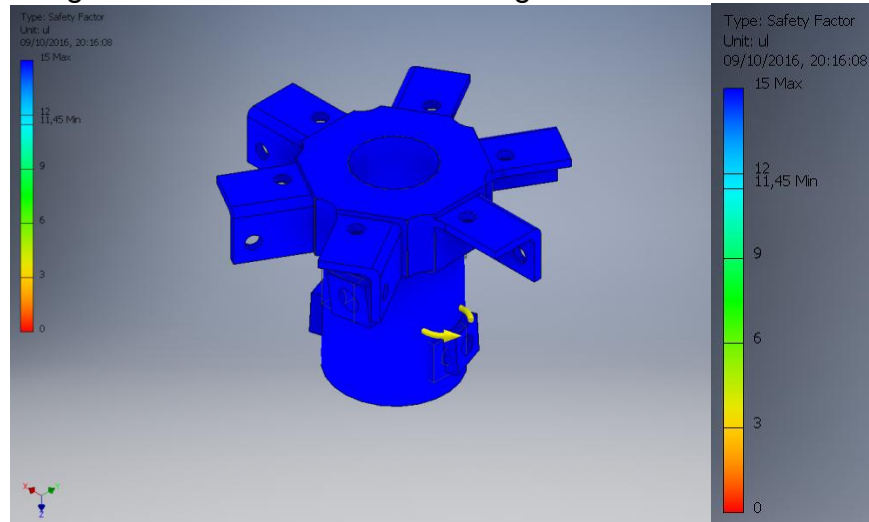
- ✓ Desplazamiento. La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,008061 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables

Imagen 98. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Finalmente, la simulación arroja como resultado que el elemento cuenta con un factor de seguridad mínimo de 11,45, lo cual permite establecer que el elemento soportará adecuadamente las condiciones de carga del sistema

Imagen 99. Simulación factor de seguridad



5.2.5. Cálculo Elementos Estructurales Críticos. Se realiza chequeo por software para los elementos estructurales.

5.2.5.1 Viga Soporte Tolva. En la imagen 100 se muestra de manera detallada la viga que soporta la tolva;

Imagen 100. Viga soporte tolva

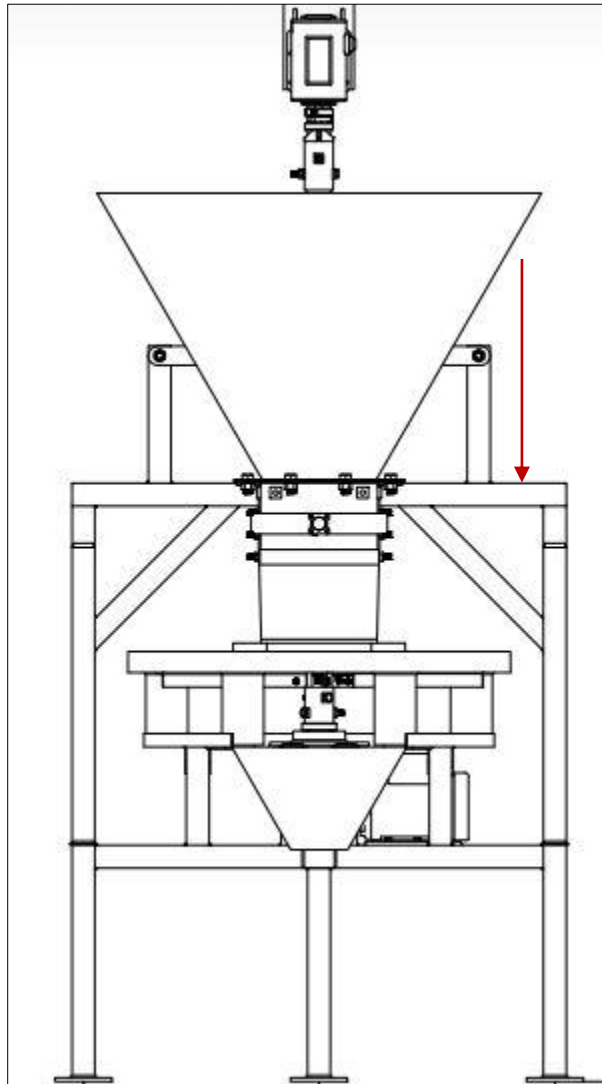
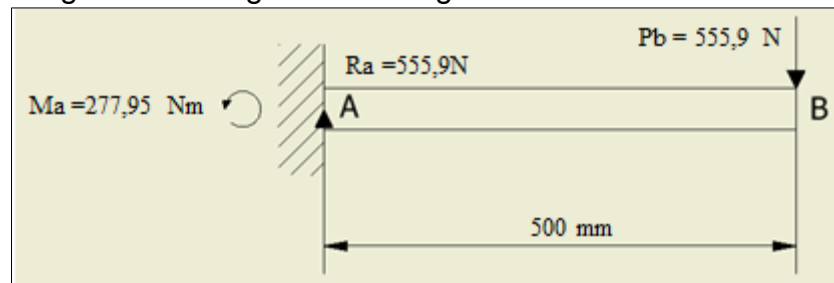


Imagen 101. Carga sobre la viga



$$\sum^+ F_y = R_a - P_b = 0$$

Donde;

Ra = Apoyo en columna

Pc = Carga a soportar la viga

$$Ra - 555,9N = 0$$

$$Ra = 555,9N$$

Se calcula la sumatoria de momentos;

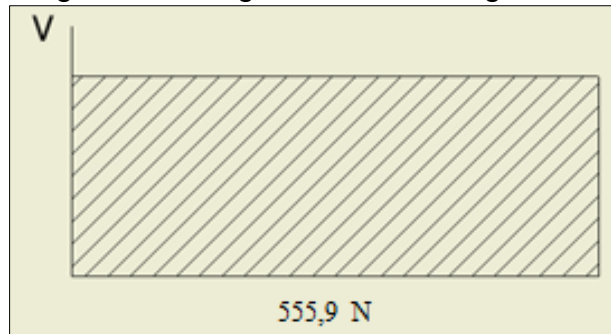
$$\sum M_a = Ma - (Pb * 0,500m) = 0$$

$$Ma - (555,9 N * 0,500 m) = 0$$

$$Ma = 277,95 Nm = M_{max}$$

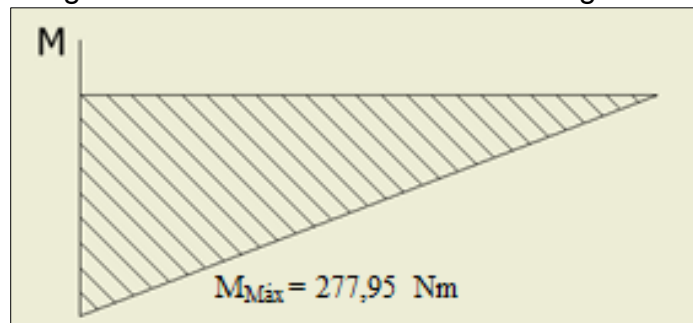
Cuando se tienen las fuerzas que soporta la viga se hace diagrama de cortante;

Imagen 102. Diagrama cortante viga



Se realiza Diagrama de Momento Flector Máximo;

Imagen 103. Momento flector máximo viga



Ahora según el libro “Diseño de elemento de máquinas”<sup>13</sup> se debe calcular el esfuerzo permisible;

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Esfuerzo de fluencia)

F. S. = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que el factor seleccionado es 2 ya que se conocen los esfuerzos, el entorno y las cargas. De igual manera se selecciona como material Acero Al Carbono Estructural ASTM A36. La selección del factor de seguridad se basó en el documento “Fundamentos del diseño mecánico”<sup>14</sup>.

Entonces;

$$\sigma_{perm} = \frac{250 \text{ Mpa}}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ Mpa} * \frac{1'000.000Pa}{1Mpa} = 125 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el módulo de sección requerido;

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde;

$S_{req}$  = Modulo de sección requerido

$M_{max}$  = Momento flector máximo

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

Entonces;

$$S_{req} = \frac{277,95 \text{ Nm}}{125'000.000Pa} = 2,2236 \times 10^{-6} m^3 * \frac{(100cm)^3}{1m^3} = 2,23 \text{ cm}^3$$

---

<sup>13</sup> MOTT. Ob. cit., p 577

<sup>14</sup> Tecnologías de máquinas. Ob. cit.



Esto quiere decir que para la selección de la viga se deberá tener un módulo de sección (S) mayor al módulo de sección mínimo ( $S_{req}$ ). Además, el perfil deberá tener el mismo tamaño de los elementos ya seleccionados para conservar la uniformidad de la estructura;

Por lo que se selecciona un perfil;

Cuadro 26. Selección de perfil

60X60X3							
	EJE X-X Y-Y		I	27,40	cm <sup>4</sup>		
			S	9,13	cm <sup>3</sup>		
			r	2,40	cm		
MATERIAL			Acero Al Carbono Estructural A36 – Galvanizado				
d	60,00	mm	ESFUERZO FLUENCIA	46000	psi	2,50E+08	Pa
e	3,00	mm	MÓDULO ELASTICIDAD	2,90E+07	psi	2,00E+11	Pa

Se procede a calcular el factor de seguridad de la viga;

$$F.S. = \frac{S}{S_{requ}}$$

Donde;

$F.S.$  = Factor Seguridad

$S$  = Modulo de sección del perfil

$S_{req}$  = Modulo de sección requerido

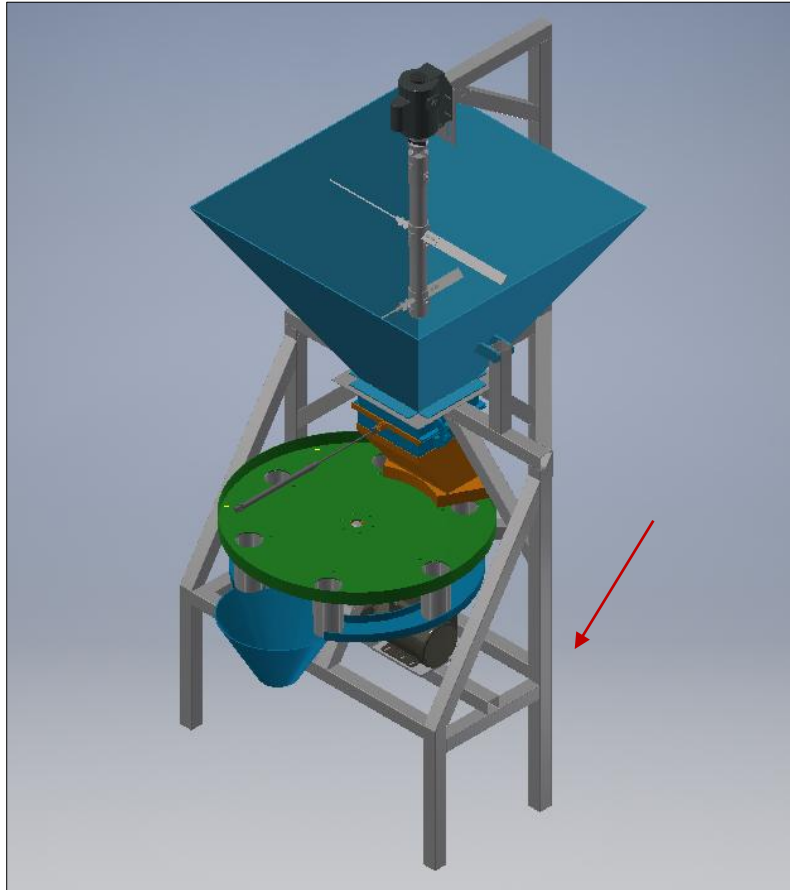
Entonces;

$$F.S. = \frac{9,13 \text{ cm}^3}{2,23 \text{ cm}^3}$$

$$F.S. = 4,09$$

5.2.5.2 Columna Soporte Principal. Se evalúa en detalle el soporte de la columna principal de la estructura de la máquina (imagen 104);

Imagen 104. Columna soporte principal



Conociendo la ubicación exacta de las columnas y como van a ir apoyadas se puede seleccionar el siguiente factor;

Imagen 105. Selección de factor columna

Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor $K$ teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0

Fuente: <http://es.slideshare.net/willushina/248353723-estructurasdeceromc-cormac>

Ahora teniendo la información descrita se puede calcular el chequeo por esbeltez;

$$Ces = \frac{kL}{Ry}$$

Donde;

$Ces$  = Chequeo por esbeltez  
 $k$  = Factor de longitud efectiva  
 $L$  = longitud de la viga  
 $Ry$  = Radio de giro

Entonces;

$$Ces = \frac{1 * 122,8 \text{ cm}}{2,78 \text{ cm}}$$

$$Ces = 44,2$$

“Seleccionar miembros a compresión con valores de esbeltez menores a 200”<sup>15</sup>  
Esto quiere decir que los cálculos para desarrollar este diseño deben ser menores a 200.

Cumpléndose este parámetro se puede decir que;

$$Ces \ll 4,17 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

Donde;

$E$  = Módulo de elasticidad  
 $Fy$  = Esfuerzo de fluencia

Entonces;

$$Ces < 4,17 \sqrt{\frac{2 \times 10^{11} \text{ Pa}}{2,5 \times 10^8 \text{ Pa}}}$$

$$Ces > 133,2$$

Cumpléndose esto se puede concluir que la ecuación para el esfuerzo crítico es;

---

<sup>15</sup> Ibid, 150 p

$$F_{cr} = 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right)$$

Donde;

$F_e$  = Esfuerzo de pandeo crítico elástico

$F_{cr}$  = Esfuerzo critico

Y para calcular esto se requiere conocer el esfuerzo de pandeo crítico elástico;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{C e s^2}$$

Entonces;

$$F_e = \frac{\pi^2 2 \times 10^{11}}{44,2^2}$$

$$F_e = 1,012 \times 10^9 Pa$$

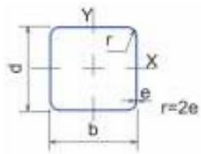
Ahora si se puede calcular es esfuerzo crítico;

$$F_{cr} = 0,658 \left( \frac{2,5 \times 10^8 Pa}{1,012 \times 10^9 Pa} \right)$$

$$F_{cr} = 2,254 \times 10^8 Pa$$

Ya teniendo esta información se puede revisar si la columna seleccionada es adecuada para el diseño conociendo sus características;

Cuadro 27. Selección de perfil

60x60x3							
	EJE X-X Y-Y			I	27,40	cm <sup>4</sup>	
				S	9,13	cm <sup>3</sup>	
				r	2,40	cm	
MATERIAL			Acero Al Carbono Estructural A36 – Galvanizado				
d	60,00	mm	ESFUERZO FLUENCIA	46000	psi	2,50E+08	Pa
e	3,00	mm	MÓDULO ELASTICIDAD	2,90E+07	psi	2,00E+11	Pa

$$Rd = \phi * Ag * Fcr$$

Donde;

$Rd$  = Resistencia de diseño

$Ag$  = Área de sección transversal

$\phi$  = Resistencia a la compresión (0,90)

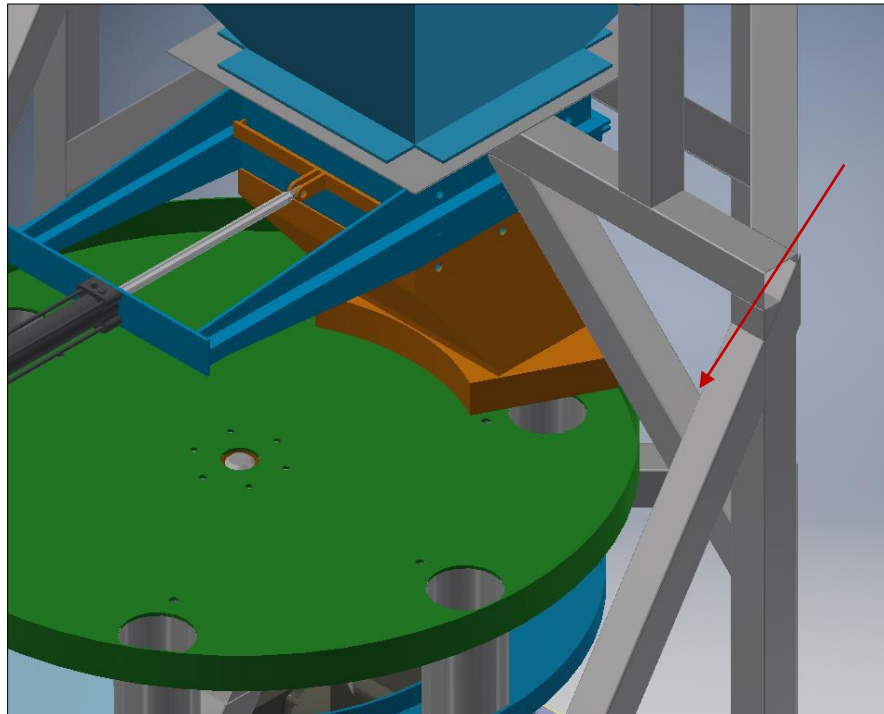
Entonces;

$$Rd = 0,90 * 5,02 \times 10^{-4} m^2 * 2,254 \times 10^8 Pa$$

$$Rd = 101.835,72 N$$

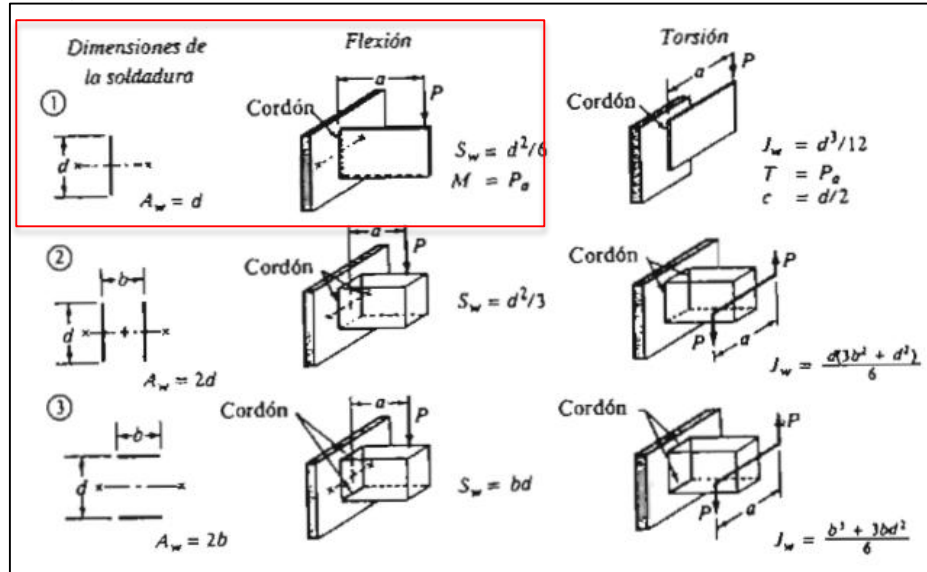
5.2.5.3 Soldadura Columna Soporte Principal, Apoyo 45°. Se muestra en la imagen 106 la zona crítica de la estructura;

Imagen 106. Soporte principal apoyo 45°



Para la estructura que sirve de apoyo a la viga de soporte de la tolva (imagen 107);

Imagen 107. Selección de soldadura para mordazas



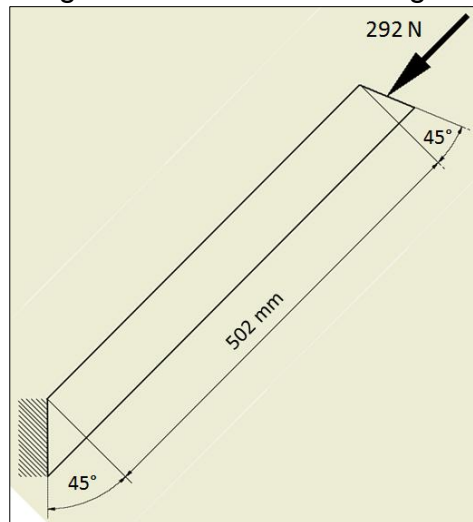
Fuente: <http://es.slideshare.net/ElmerHernandez/diseode-maquinariorion-4-ed-espano>

Y conociendo la siguiente información;

Longitud de la viga 0,502m

Ancho del perfil = 0,05 m

Imagen 108. Dimensiones viga



Según la imagen anterior se puede decir que la fuerza horizontal aplicada sobre la viga es 292 N.

Se selecciona la ubicación de la soldadura que está sometida a flexión. Esto permite afirmar que;

$$S_w = \frac{d^2}{6}$$

Donde;

$S_w$  = Factor geométrico a flexión

$d$  = Alto de la platina

Entonces;

$$S_w = \frac{(0,05m)^2}{6}$$

$$S_w = 4,166 \times 10^{-4} m^2$$

Como la longitud de la soldadura es igual al ancho del perfil, se puede decir que;

$$A_w = d$$

Donde;

$A_w$  = Factor geométrico a cortante

Entonces;

$$A_w = 0,05m$$

Teniendo esta información se puede calcular la carga a flexión que se aplica a la soldadura;

$$f_x = \frac{M}{S_w}$$

Donde;

$f_x$  = Carga a flexión

$M$  = Momento

Entonces;

$$f_x = \frac{292 \text{ N} * 0,502\text{m}}{4,166 \times 10^{-4} \text{m}^2}$$

$$f_x = 351.801,6 \frac{\text{N}}{\text{m}} * \frac{1\text{m}}{39,37 \text{ pulg}} * \frac{0,22\text{lb}}{1\text{N}} = 1.965,871 \text{ lb/pulg}$$

Ahora es necesario calcular el esfuerzo cortante vertical, así que para calcular esta fuerza se puede decir que;

$$f_{ve} = \frac{F}{Aw}$$

Donde;

$f_{ve}$  = Esfuerzo cortante vertical

$F$  = Fuerza aplicada sobre la soldadura

$Aw$  = Longitud de la soldadura

Entonces;

$$f_{ve} = \frac{294,4\text{N}}{0,05\text{m}}$$

$$f_{ve} = 5.840 \frac{\text{N}}{\text{m}} * \frac{1\text{m}}{39,37 \text{ pulg}} * \frac{0,22\text{lb}}{1\text{N}} = 32,633 \text{ lb/pulg}$$

Ahora se calcula el esfuerzo equivalente;

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_{ve}^2}$$

Donde;

$f$  = Esfuerzo equivalente

Entonces;

$$f = \sqrt{1.965,871 \text{ lb/pulg}^2 + 32,633 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$f = 1.966,14 \text{ lb/pulg}$$

Para calcular el espesor de la soldadura es necesario tener en cuenta la siguiente relación;



$$W = \frac{fb}{fa}$$

Donde;

$W$  = Dimensión del cateto

$fb$  = Fuerza de flexión

$fa$  = Fuerza admisible por pulgada de lado

La fuerza admisible se selecciona dependiendo del material que se vaya a soldar, ya que éste es un sistema que se somete solamente a flexión, se toma la soldadura tipo para puente;

Cuadro 28. Tipo de soldadura seleccionada

Grado de ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fa
A36	E60	12.400 psi	8.800 lb/pulg

Fuente: [http://www.susferrin.com.ar/\\_capacitacion/pdf/SUSFERRIN\\_Di\\_seno\\_Elementos\\_Maquinas.pdf](http://www.susferrin.com.ar/_capacitacion/pdf/SUSFERRIN_Di_seno_Elementos_Maquinas.pdf)

Entonces;

$$W = \frac{1965,871 \text{ lb/pulg}}{\frac{8.800 \text{ lb}}{\text{pulg}} \text{ por pulgada de cateto}} = 0,22 \text{ pulg}$$

De lo anterior se define que el cateto  $w$  de la soldadura tendrá un valor nominal de  $\frac{1}{4}$  in.

Cuadro 29. Espesor de placa

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

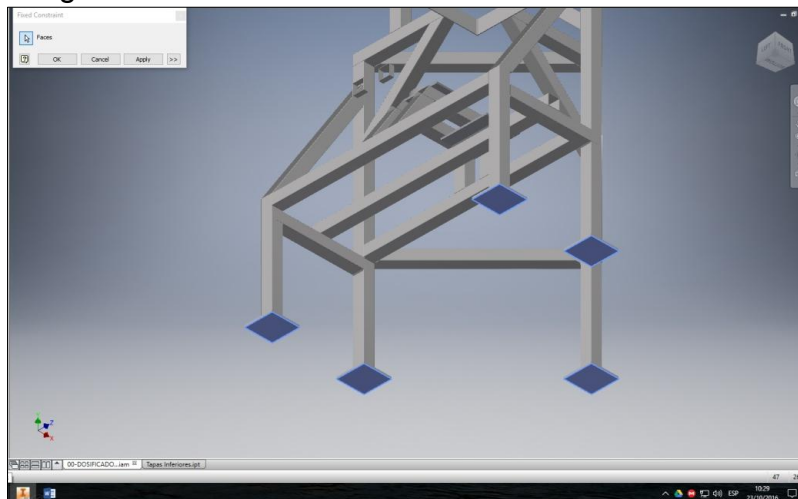
Fuente: [http://www.susferrin.com.ar/\\_capacitacion/pdf/susferriner.l,re-ñ.\\_Diseno\\_Elementos\\_Maquinas.pdf](http://www.susferrin.com.ar/_capacitacion/pdf/susferriner.l,re-ñ._Diseno_Elementos_Maquinas.pdf)

Teniendo el espesor del perfil se puede afirmar que las dimensiones de la soldadura estándar más indicada para el diseño del transportador por tornillo sinfín es de  $\frac{3}{16}$  pulg.

## 6. SIMULACIÓN ESTRUCTURAL

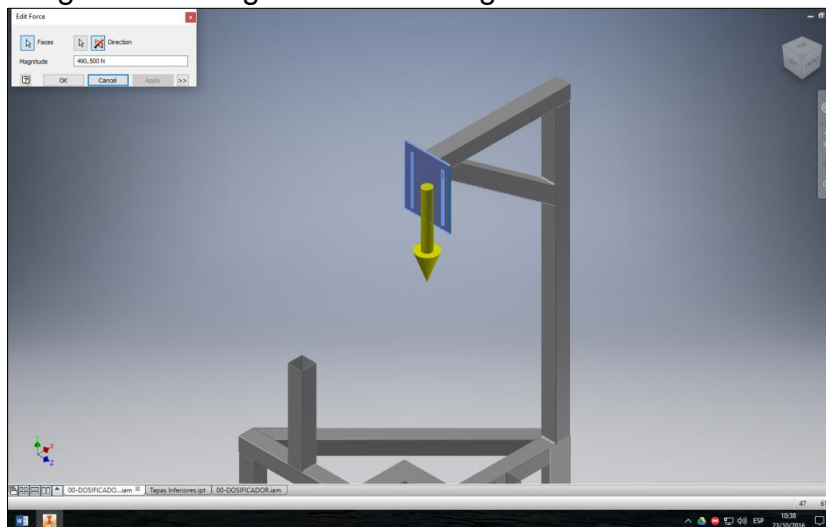
Sabiendo el comportamiento de las cargas de la estructura se procede a aplicar las restricciones;

Imagen 109. Parte inferior estructura



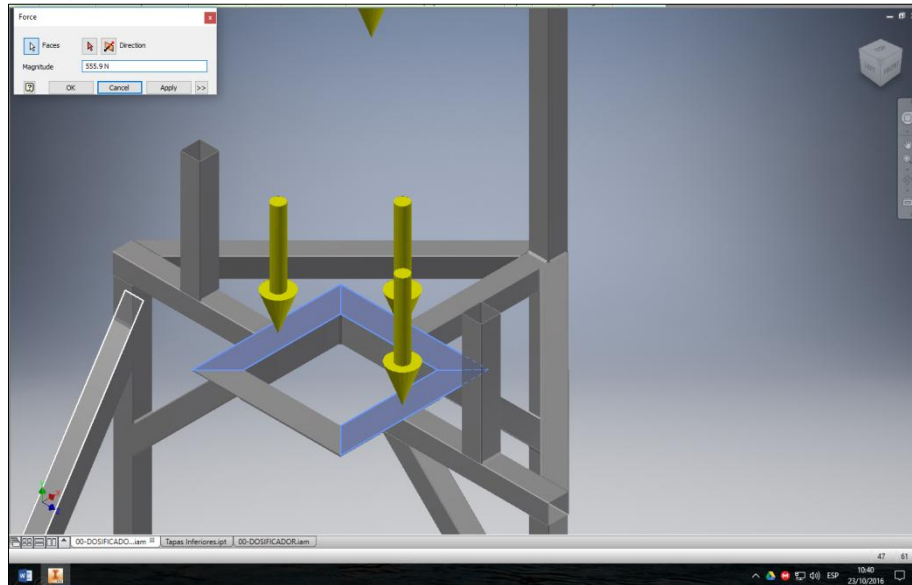
Se proceden a colocar las cargas relacionadas con el sistema agitador (490,3 N – 490,5 N);

Imagen 110. Carga relacionada agitador



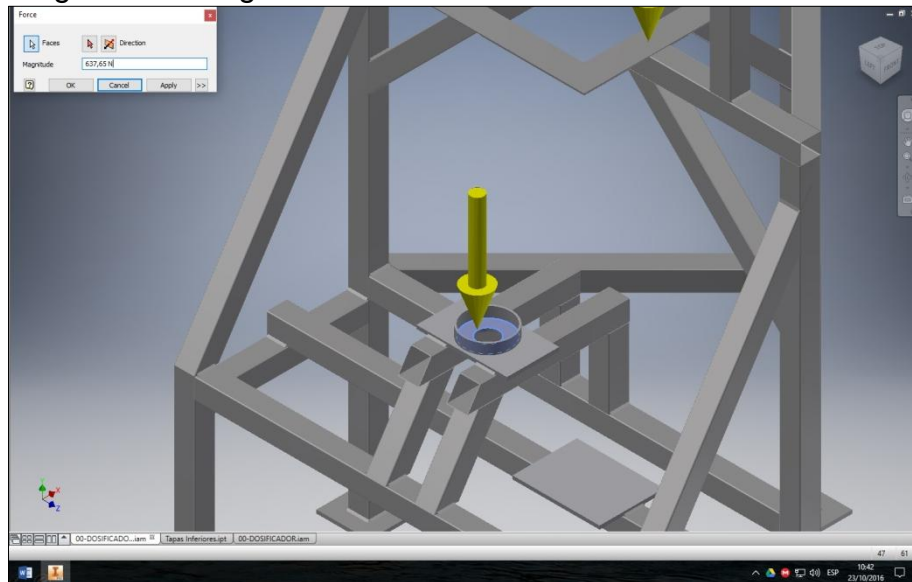
Se proceden a colocar las cargas relacionadas con la Tolva (1667,1 N – 1667,7 N);

Imagen 111. Cargas relacionadas tolva



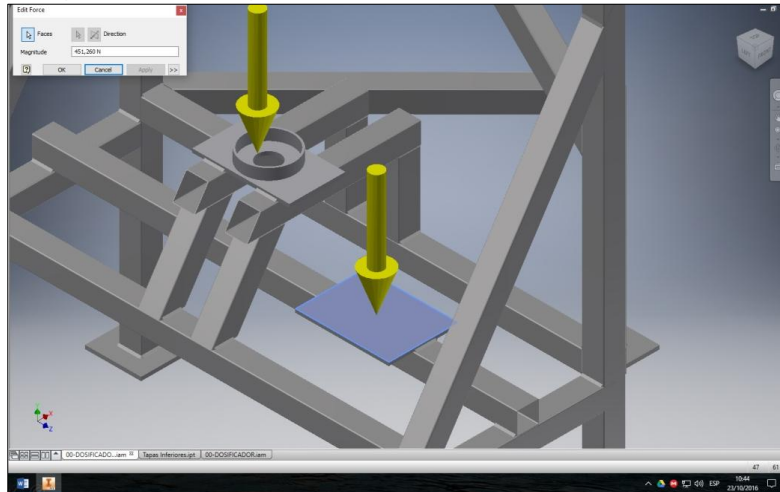
Se proceden a colocar las cargas relacionadas con el disco dosificador (637,43 – 637,65 N);

Imagen 112. Cargas relacionadas disco dosificador



Se proceden a colocar las cargas relacionadas con el Motor de accionamiento (451,11 N – 451,26 N);

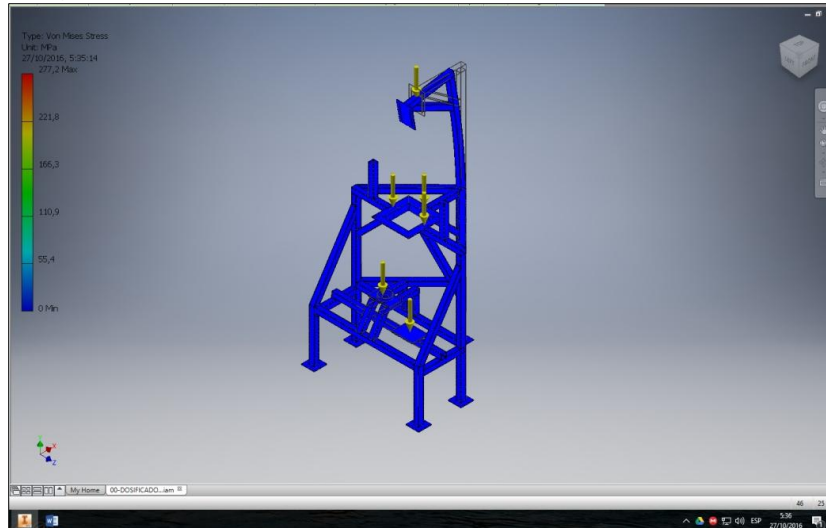
Imagen 113. Cargas relacionadas motor



Se realiza la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

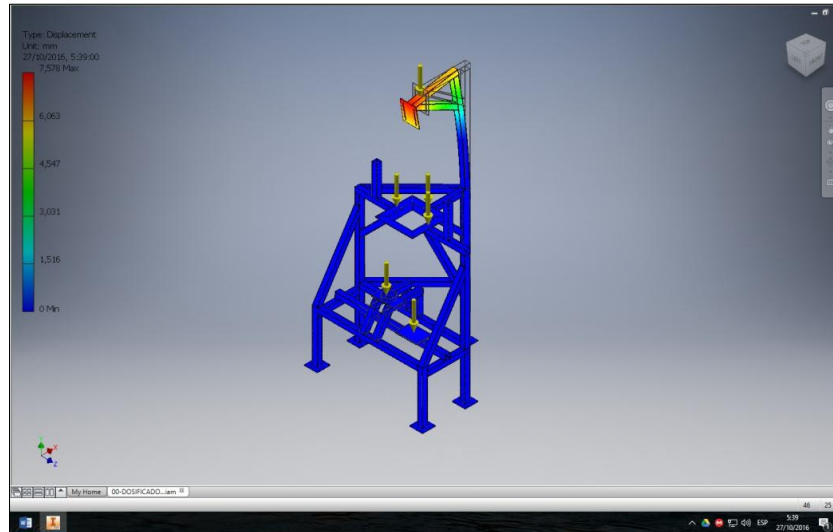
Como se puede apreciar, el sistema posee esfuerzos de más de 250 MPa por lo que se requiere hacer algún tipo de ajuste a la estructura para corregir esta situación.

Imagen 114. Esfuerzo sobre estructura



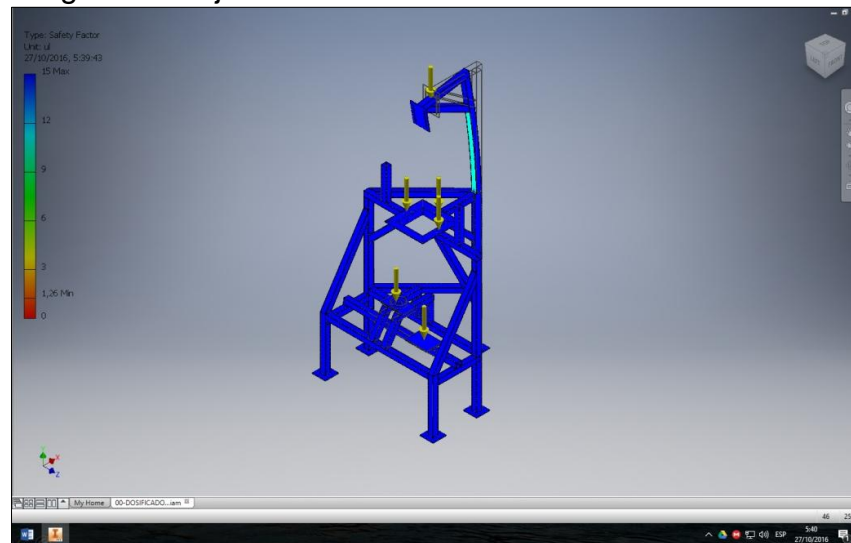
De igual forma se tiene un desplazamiento máximo en el sistema de más de 7mm por lo que es recomendable buscar una forma de ajustar el sistema para reducir dicho desplazamiento;

Imagen 115. Desplazamiento máximo



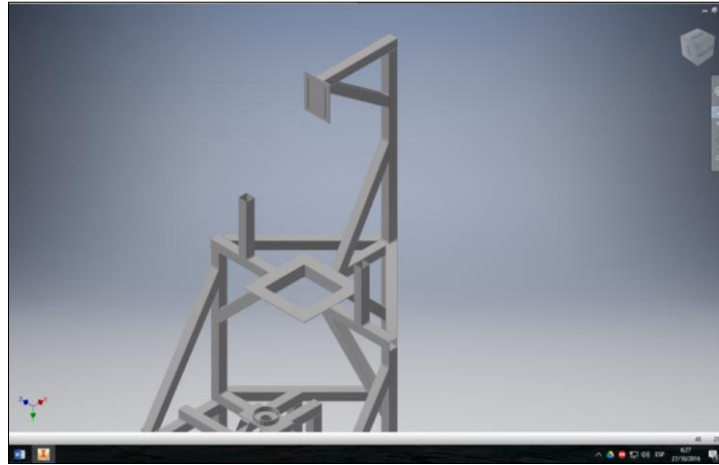
Se tiene un factor de seguridad mínimo en la estructura de 1,26, lo cual resulta demasiado bajo, por lo que se proceden a realizar ajustes a la estructura:

Imagen 116. Ajustes estructura



El ajuste consiste en colocar una viga de apoyo inclinada sobre la columna de soporte del motor del agitador para reducir su desplazamiento y pandeo de la misma;

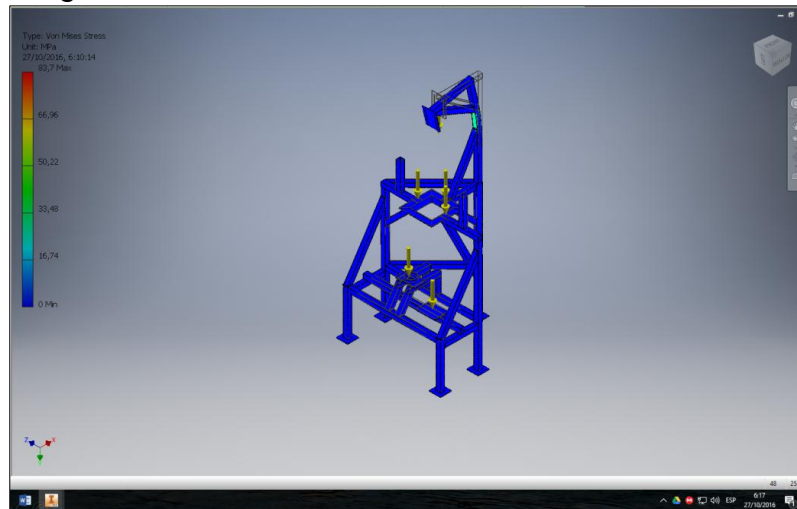
Imagen 117. Viga de apoyo angulada



Una vez montada, se procede a realizar la simulación y se obtienen los siguientes resultados;

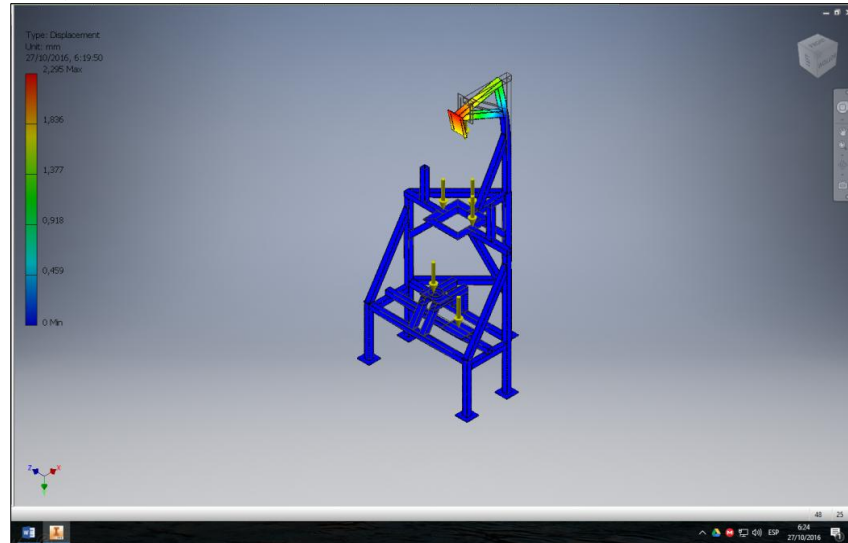
- ✓ Von mises. Se observa que con el montaje del ángulo de soporte se reduce el esfuerzo máximo en el sistema hasta un 83,7 MPa

Imagen 118 : Simulación von mises



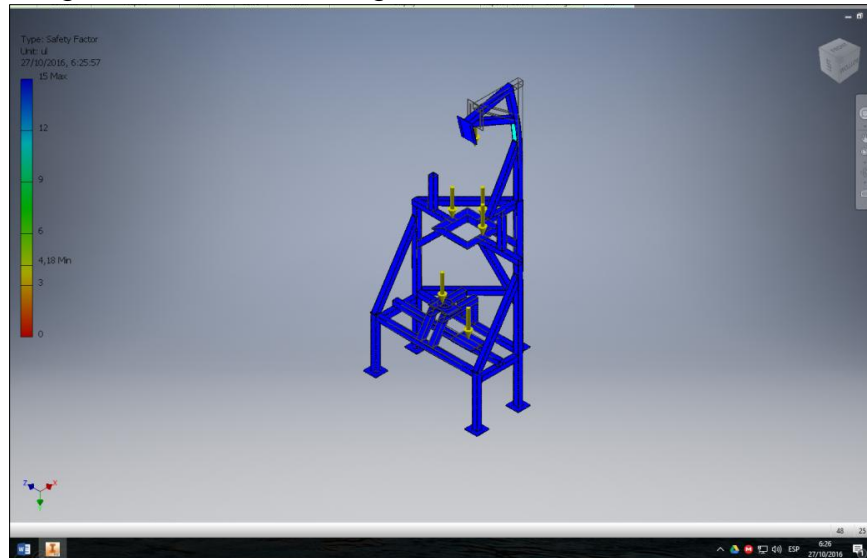
- ✓ Desplazamiento. Se observa que se reduce la deformación máxima de 7,17 mm a 2,29 mm

Imagen 119. Simulación desplazamiento



- ✓ Factor de seguridad. Se observa que el factor de seguridad mínimo del sistema se incrementa de 1,26 a 4,18, por lo que se deduce que la estructura cumple con los requerimientos de carga del sistema

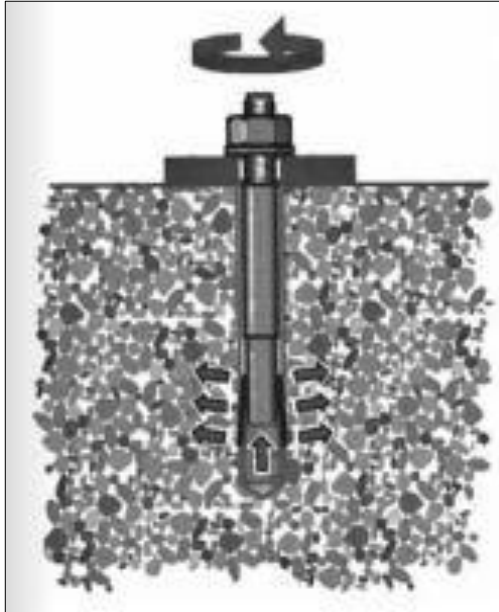
Imagen 120. Factor de seguridad



## 6.1 ANCLAJE DE LA MÁQUINA

Con el fin de reducir las vibraciones de la máquina se ancla la estructura al piso, mediante pernos expansivos como lo indica la imagen 121. Este tipo de anclaje es introducido en el orificio y se expande por acciones mecánicas ejerciendo presiones laterales que la fijan al soporte.

Imagen 121. Anclaje de expansión



Fuente: TOMBORERO, Jose Ma.  
Anclajes Estructurales España.  
Instituto Nacional de Seguridad e  
Higiene en el Trabajo. 2007. 2p.

La capacidad de anclaje que debe tener el perno de expansión se presenta a continuación:

$$\text{Peso tolva de alimentación} = 110,13 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la maquina} = 193,62 \text{ kg}$$

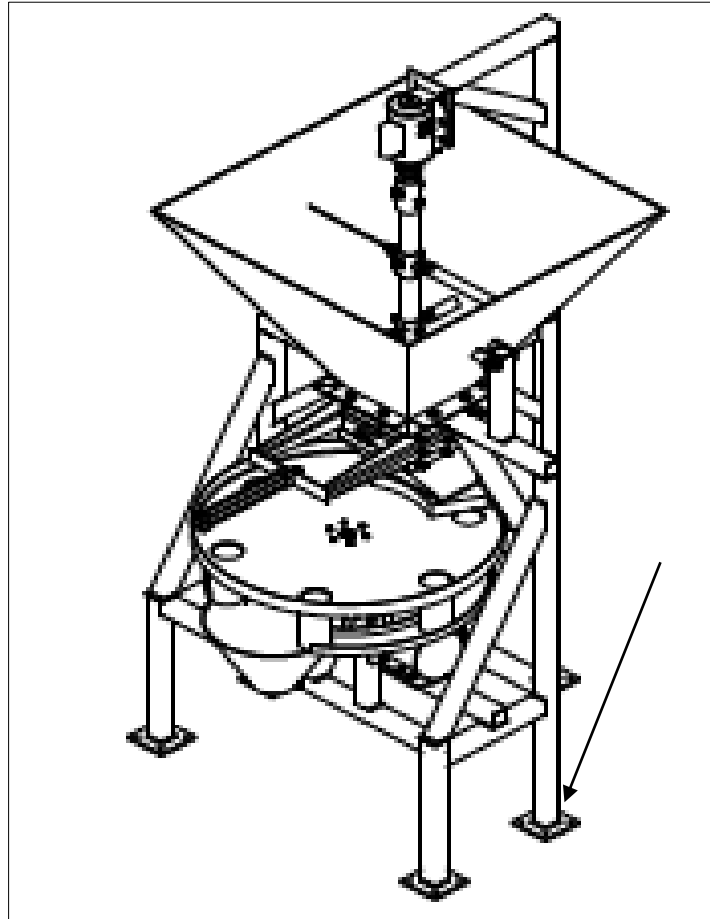
$$F = (110,13\text{kg} + 193,62\text{kg}) * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2,9 \text{ kN}$$

Teniendo en cuenta que la máquina tiene un peso total de 303,75 kg y la potencia de los motores no superan el caballo de fuerza, la máquina no tendrá inconvenientes con la vibración, además está estará anclada al suelo.



Imagen 122. Estructura del dosificador completa



Como se puede observar tanto en la imagen como en el desarrollo del proyecto la estructura se encuentra apoyada directamente al piso, por lo cual este soportara de manera directa las cargas generadas por la máquina, la cual al tener un peso de 303,75 kg no pueden ser despreciadas. De esta manera se procede a realizar los cálculos de anclaje de la estructura, el cual se realizara median pernos.

Material de los pernos;

De acuerdo a la norma ANSI 360-05, en la cual se especifican los aceros permitidos para estructuras metálicas son;

ANSI A36/A36M

ANSI A193/193M

ANSI A354

ANSI A449

ANSI A572/A572M

ANSI A588/A588M

ANSI AF1554

La última opción es la más usada comercialmente.

Tabla 12. Materiales para pernos de anclaje

Material ASTM	Tensión Última, $F_u$ [ksi]	Tensión Nominal <sup>(b)</sup> , $F_{nt} = 0,75F_u$ [ksi]	Diámetro Máximo [in]
F1554	Gr 36 <sup>(a)</sup>	58	43,5
	Gr 55	75	56,3
	Gr 105	125	93,8
A449	120	90,0	1
	105	78,8	1 ½
	90	67,5	3
A36	58	43,5	4
A307	58	43,5	4
A354	150	112	2 ½
Gr BD	140	105	4

Material ASTM	Tensión Última, $F_u$ [MPa]	Tensión Nominal, $F_{nt} = 0,75F_u$ [MPa]	Diámetro Máximo [mm]
F1554	Gr 36	400	300
	Gr 55	517	388
	Gr 105	862	647
A449	827	621	25
	724	543	38
	621	465	76
A36	400	300	102
A307	400	300	102
A354	1034	772	64
Gr BD	965	724	102

Fuente: <https://law.resource.org/pub/us/code/bsc.ca.gov/sibr/org.aisc.360-05.pdf>

El acero AF1554 Gr36 es el más usado debido a tener unas excelentes propiedades de resistencia a esfuerzos y a su buena relación de costo beneficio, esto teniendo en cuenta que el peso de la maquina no es tan alto por lo tanto los esfuerzos que soportaran los pernos no serán excesivos, para casos donde se necesite que los pernos soporten cargas muy altas o vayan a estar sometidos a momentos de alta

Para el cálculo y diseño de estos elementos se emplearan las siguientes ecuaciones;

$$R_n = F_n * A_b$$

$$F_n = 0.75 * F_u$$

Diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD):  $\phi = 0.75$

Diseño en base a resistencias admisibles (ASD):  $\Omega = 2.00$

Donde:

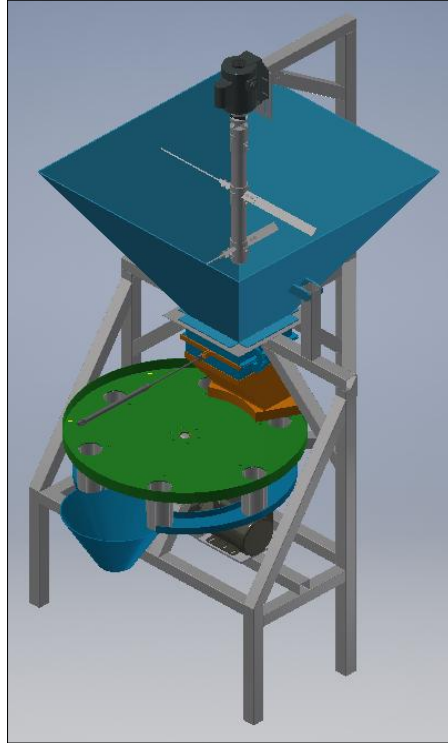
$R_n$  = Fuerza de tracción de diseño del perno (N).

$F_n$  = Tracción nominal del perno (MPa)

$A_b$  = Area nominal del perno ( $mm^2$ )

$F_u$  = Tracción ultima del perno (MPa)

Imagen 123. Estructura



Como se observa en la imagen anterior la estructura es simétrica, por lo tanto el centro de gravedad se encuentra en el eje neutro geométrico, las vibraciones son mínimas, por lo tanto el momento que soportaran los pernos es despreciable así que los cálculos de diseño se basaran en los esfuerzos que soportaran estos.

Se calcula la tracción nominal teniendo en cuenta el valor  $F_u$  del acero AF 1554 Gr36 que se encuentra señalado en la tabla 12;

$$F_n = 0.75 * F_u$$

$$F_n = 0.75 * 400 \text{ Mpa}$$

$$F_n = 300 \text{ Mpa}$$

Después de haber realizado el cálculo de  $F_n$  se procede a calcular la fuerza de tracción de diseño del perno teniendo en cuenta diferentes diámetros de pernos comerciales. De acuerdo a esto se procede hacer una ponderación que se encuentra en el siguiente cuadro;

Cuadro 30. Ponderación diámetro anclaje

Diámetro de pernos		Área	Rn
in	mm	mm <sup>2</sup>	(N)
0,125	3,175	1,97932609	593,797827
0,25	6,35	7,91730436	2375,19131
0,375	9,525	17,8139348	5344,18044
0,5	12,7	31,6692174	9500,76523
0,625	15,875	49,4831523	14844,9457
0,75	19,05	71,2557392	21376,7218

Como se observa en el cuadro 30, las fuerzas de tracción que más se aproxima a la carga que va a soportar los pernos (2979.79N), son los correspondientes a un diámetro de  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{8}$ .

Se seleccionan pernos con un diámetro de  $\frac{3}{8}$  de pulgada (5344,18N), ya que soportan de manera adecuada el esfuerzo nominal producido por el peso de la máquina.

De acuerdo a la norma técnica 893 de anclajes estructurales “Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo”, el perno de expansión para la carga anteriormente calculada tendrá las siguientes características (tabla 13);

Tabla 133. Características de instalación

CARACTERÍSTICAS							
Distancia entre anclaje mín.	$S_{min}$ [mm]	40	45	55	65	85	105
Distancia entre anclajes ideal	$S_{cr,N}$ [mm]	240	180	220	250	340	420
Distancia al borde mín.	$C_{min}$ [mm]	40	45	55	65	85	105
Distancia al borde ideal	$C_{cr,N}$ [mm]	120	90	110	125	170	210
Espesor de soporte mín.	$h_{min}$ [mm]	110	120	140	160	220	260
Profundidad efectiva del anclaje	$h_{ef}$ [mm]	80	90	110	125	170	210
Diámetro de broca - Ø	$d_0$ [mm]	10	12	14	18	25	28
Diámetro de corte de taladro - Ø	$d_{cut} \leq$ [mm]	10,5	12,5	14,5	18,5	25,5	28,5
Profundidad de taladro mín.	$H_0 \geq$ [mm]	80	90	110	125	170	210
Diámetro de taladro pieza a fijar	$d_f \leq$ [Nm]	9	12	14	18	22	26
Par de apriete	$T_{ins}$ [mm]	10	20	40	80	120	180
Diámetro cepillo de limpieza - Ø	D [mm]	11	13	15	19	27	29

Fuente: TOMBORERO, Jose Ma. Anclajes Estructurales España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2007. 2p.

Profundidad efectiva de anclaje: 90 mm

Diametro de broca: 12 mm

Diametro del taladro: 12,5 mm

Profundidad del taladro: 90 mm

Diametro de taladro pieza a fijar: 12 mm

Par de apriete: 20 mm

## 7. MANUALES

### 7.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

La zona en la cual va ser situada la máquina debe contar con un espacio que contenga las siguientes medidas;

Altura: 3 metros

Ancho: 2 metros

Largo: 2 metros

El proceso de ensamble de la máquina consta de los siguientes subsistemas;

#### 7.1.1 Alimentación

- ✓ Motor del agitador: Este elemento se atornillara con tornillos de 3/8in a la parte superior de la estructura como se muestra en la imagen 122, del mismo modo se acoplara al eje del agitador que se atornillara con tornillos de 1/2in como se muestra en la imagen 124

Imagen 124. Acople motor - eje

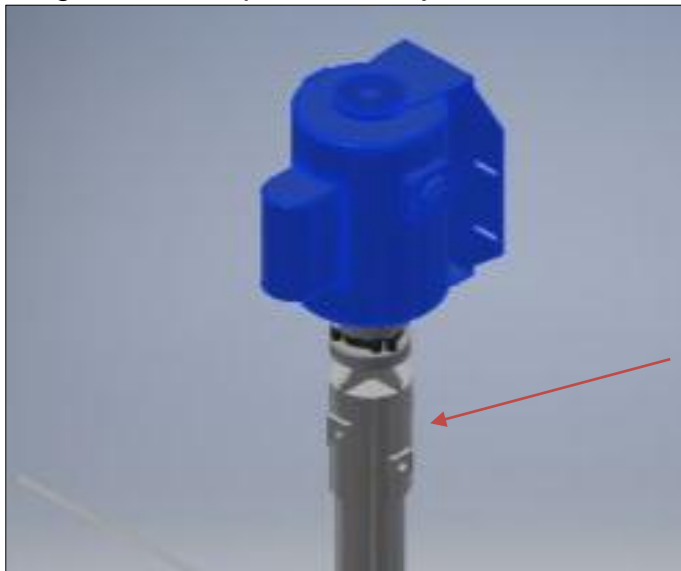
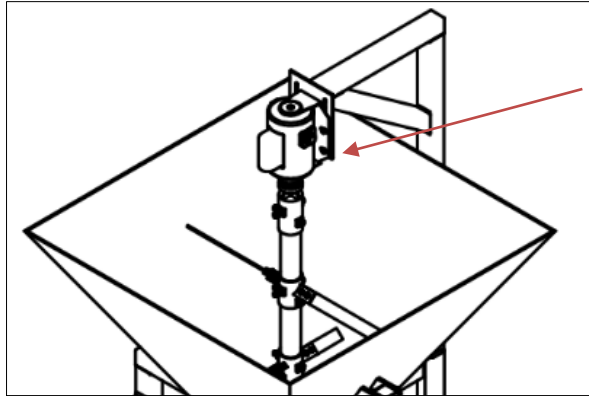


Imagen 125. Acople motor estructura



- ✓ Eje del agitador: Este elemento se acoplará al eje del motor, posee dos pares de aspas, las cuales irán atornilladas con tornillos de 1/2in al acople del mismo irá atornillado con tornillos de 3/8in como se aprecia en la imagen 125

Imagen 126. Acople eje - aspas

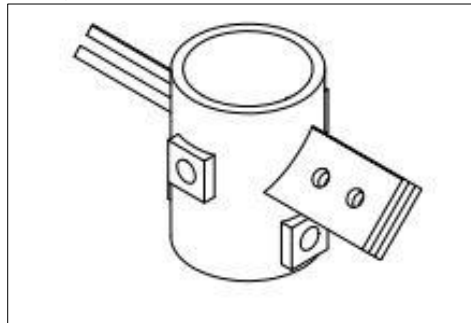
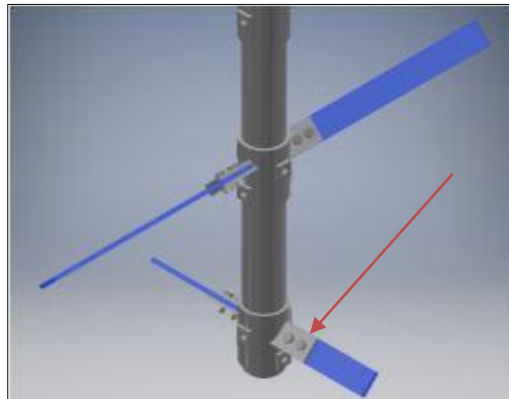


Imagen 127. Atornillado aspas - eje



- ✓ Tolva de alimentación: El acople de este elemento se realiza por medio de tornillos de 3/4in en las partes laterales, posteriores de la estructura y en la compuerta de dosificación

Imagen 128. Tornillería tolva partes laterales y Compuerta de dosificación

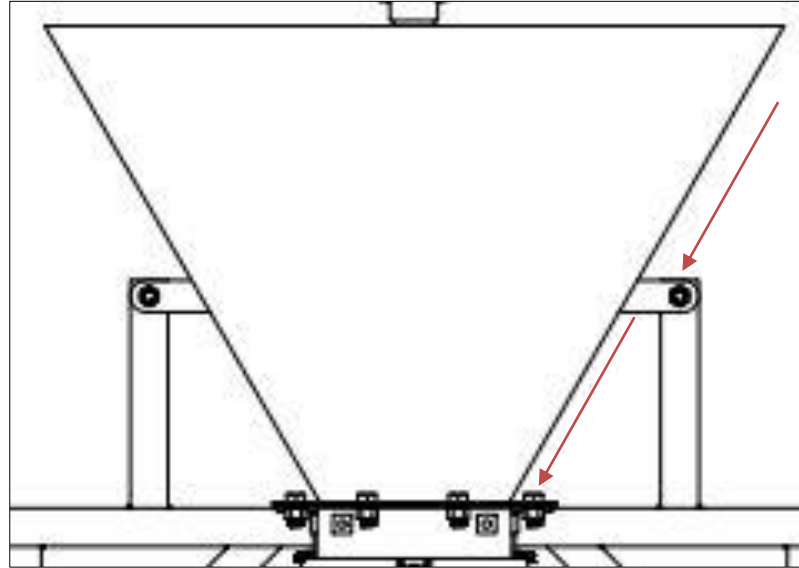
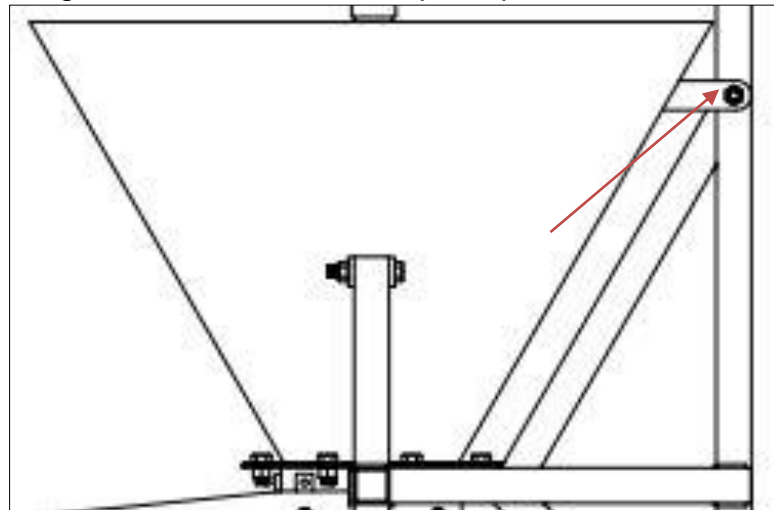


Imagen 129. Tornillería tolva parte posterior

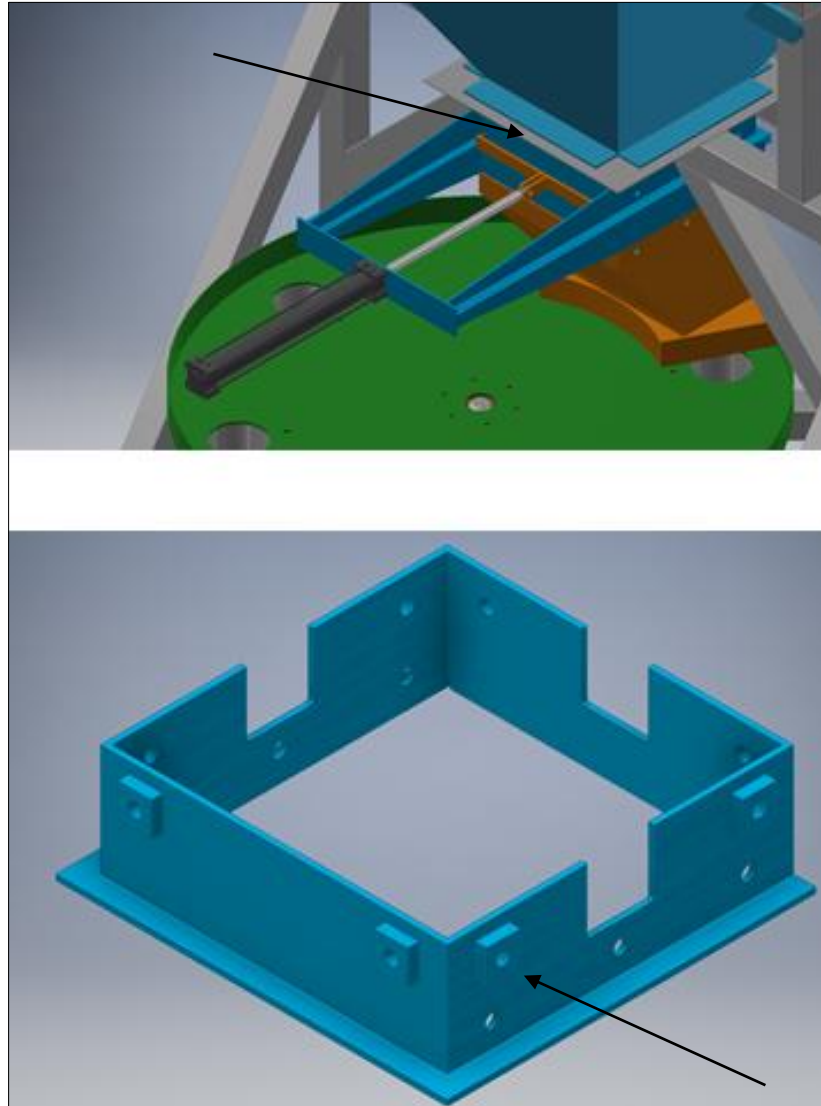




### 7.1.2 Dosificación

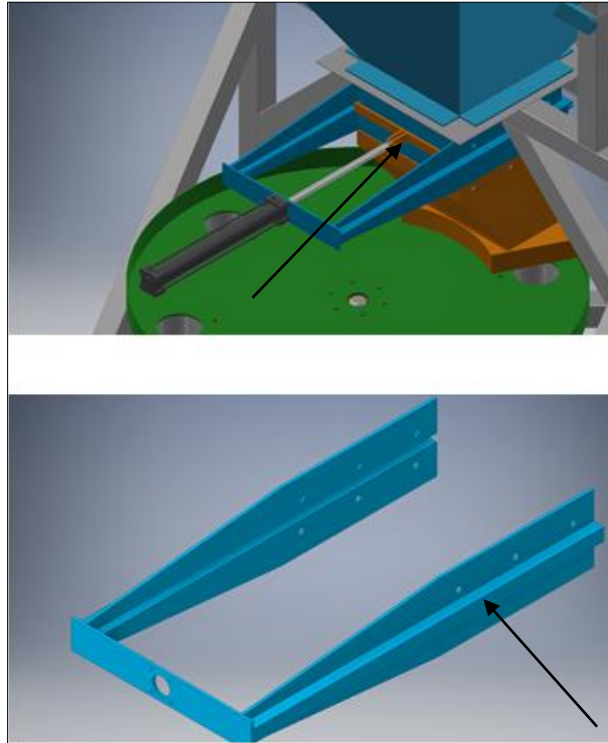
- ✓ Compuerta de dosificación (perno de anclaje): Este elemento se fija a la tolva por medio de tornillos de 3/4in y La guía superior e inferior de la compuerta de dosificación irán atornilladas con tornillos de 1/2in como se muestra en la imagen 130

Imagen 130. Acople compuerta de dosificación



- ✓ Soporte pistón: Este acople va ir sujeto por medio de tornillería de 3/8in guías superiores y al perno de anclaje como se ve en la imagen 131

Imagen 131, Soporte pistón



- ✓ Disco dosificador: El acople de este elemento se realiza por medio de tornillos de 3/8in y de 1/2in al eje del motor-reductor de accionamiento (imagen 130), además cuenta con 6 soportes que estarán sujetos al disco dosificador por medio de tornillos de 3/8in y estas soportarán su estructura y estarán distribuidos de manera radial (imagen 132)

Imagen 132. Acople tornillos disco dosificador-motor reductor

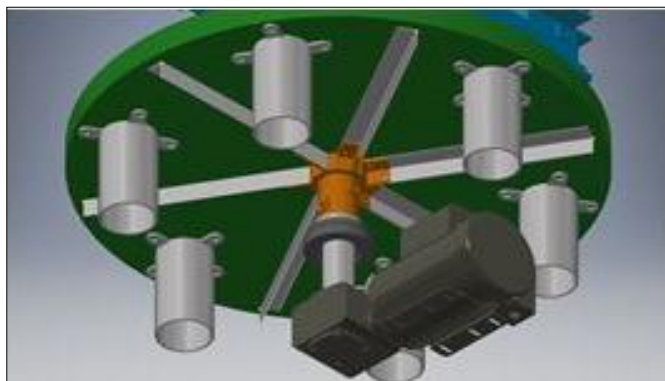
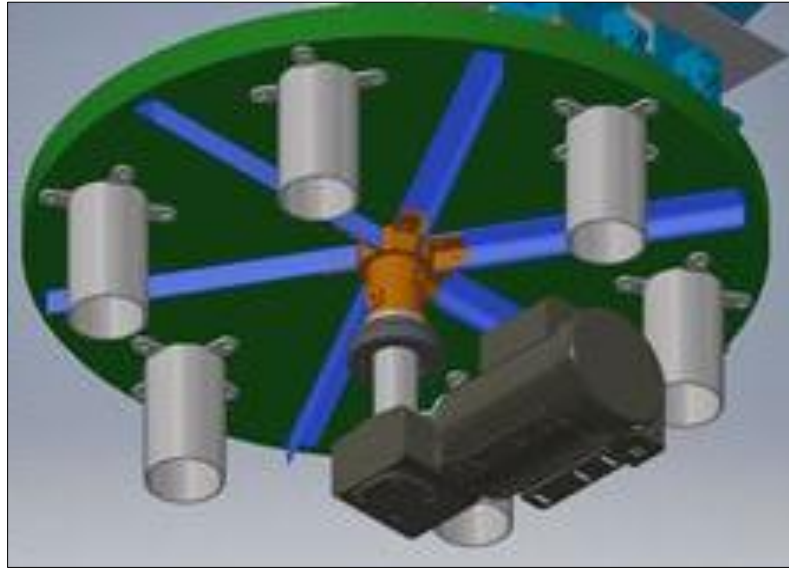
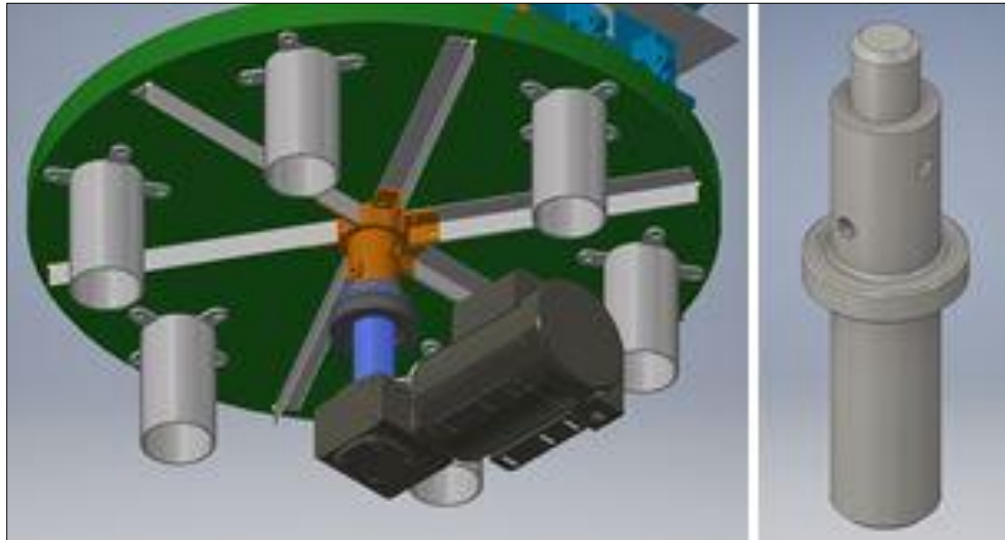


Imagen 133. Acople soldadura disco dosificador



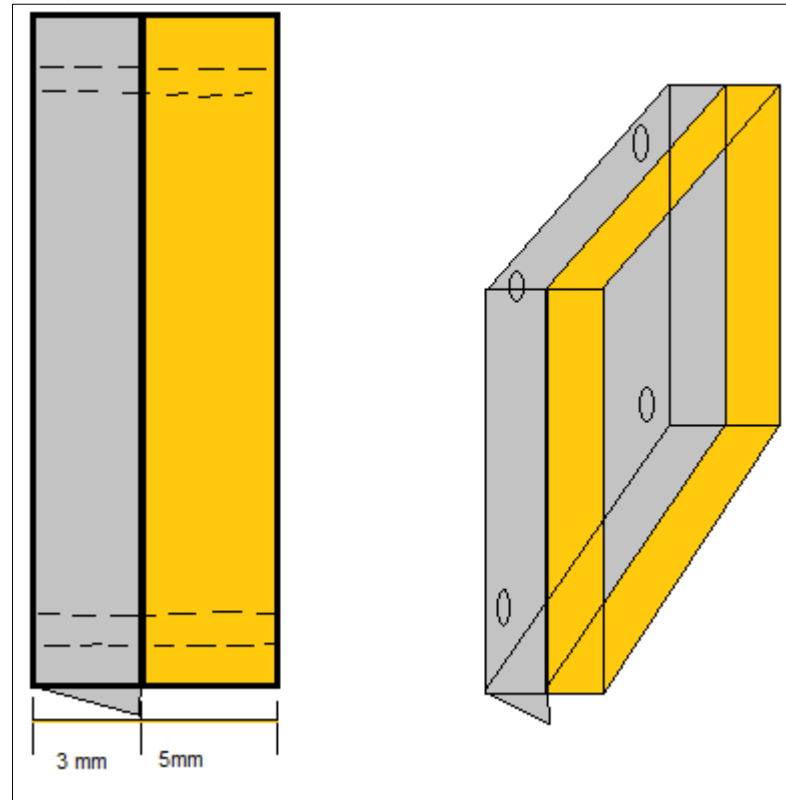
- ✓ Disco estático: Este elemento se acopla a la estructura por medio de tornillos de 1/2in
- ✓ Motor reductor (disco dosificador): este subsistema ira acoplado por tornilleríade 3/8in al disco dosificador por medio del eje del mismo (imagen 134)

Imagen 134. Acople Motor reductor- disco dosificador



- ✓ Raspador: Este elemento es una placa de politetrafluoroetileno (teflón), el cual esta acoplado por medio de unos tornillos de 3/8in a la pared de la carcasa en cada una de las esquinas

Imagen 135. Dimensiones raspador



### 7.1.3 Entrega

- ✓ Tolva de salida: Este elemento se acopla a la estructura por medio de tornillos de 1/2in

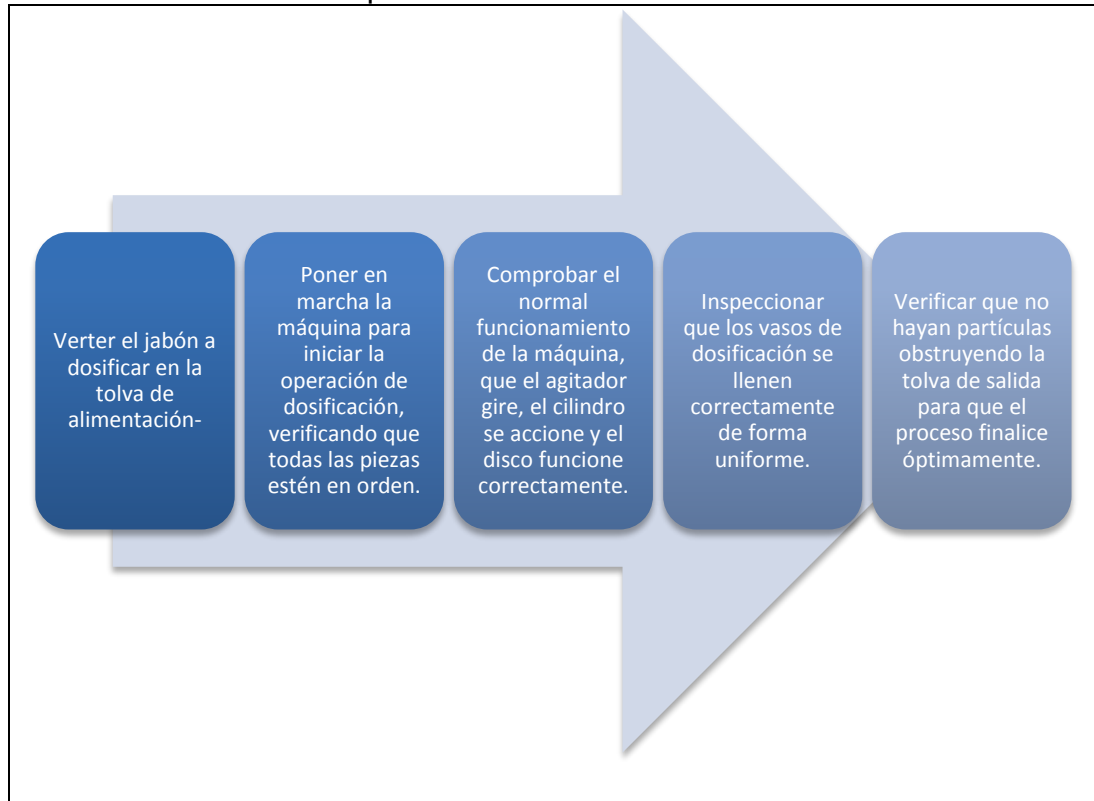
### 7.2 MANUAL DE OPERACIÓN

En el manual de operación se describen los pasos y procedimientos que se deben llevar a cabo para el aprovechamiento óptimo del sistema, y garantizar así su perfecto funcionamiento. El manual debe ser leído previamente por el usuario.

Si se quiere asegurar el funcionamiento óptimo de la máquina, se debe seguir al pie de la letra y paso a paso este manual, el operario de la dosificadora debe tener conocimiento previo del funcionamiento de esta y obedecer cada uno de los parámetros establecidos en este manual, para de esta manera asegurar un desempeño altamente eficiente y un producto de excelente calidad.

7.2.1 Pasos para la operación de la máquina. A continuación se muestran los pasos para la operación de la máquina.

Cuadro 31. Proceso de operación

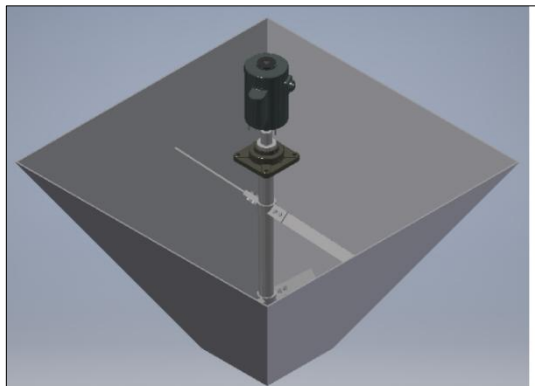


Antes de hacer uso de la máquina, revisar que esta se encuentre en condiciones adecuadas para un funcionamiento óptimo, en relación con la estructura, la máquina debe estar atornillada y ajustada correctamente, que no falte ningún elemento propio del sistema, como por ejemplo las aletas del agitador, que estas se encuentren completas (4), las dos tolvas, tanto la de alimentación como la de salida, estén debidamente atornilladas y sujetas a la estructura, las conexiones eléctricas del sistema eléctrico, que estén conectados adecuadamente.

#### Consideraciones

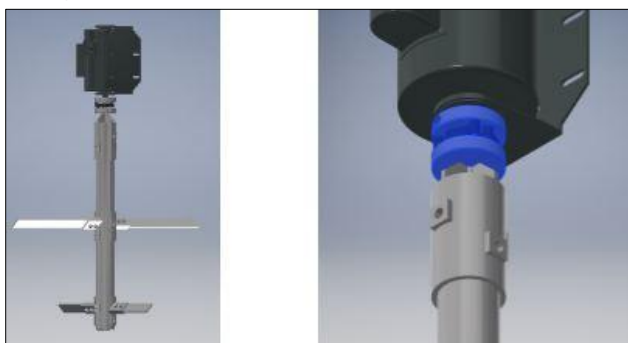
- ✓ Antes de dar inicio a la operación se debe asegurar la limpieza en la tolva de alimentación y las paletas del agitador, ya que la presencia de acumulaciones de partículas pueden afectar el desempeño normal de la máquina

Imagen 136. Tolva de alimentación



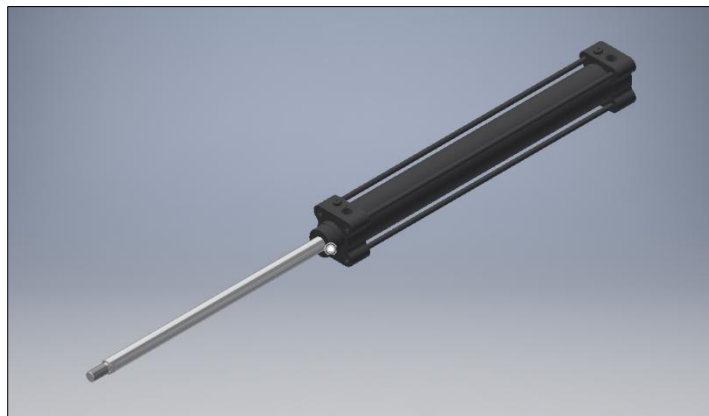
- ✓ Una vez verificada la limpieza de la tolva se revisa tanto el motor como el acople, el cual debe encontrarse bien ajustado para que el eje rote de manera adecuada

Imagen 137. Acople del motor



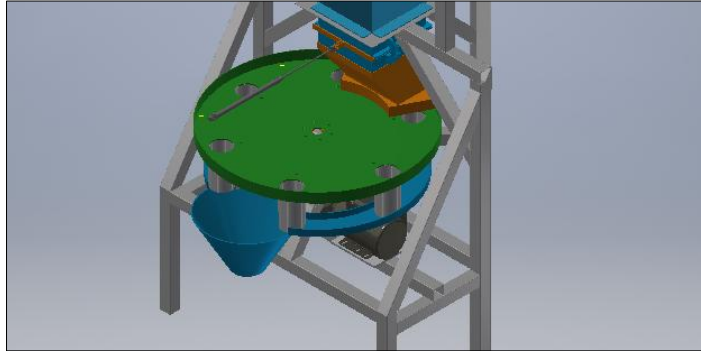
- ✓ A continuación se procede a verificar la limpieza e integridad del cilindro neumático, esto se hace para garantizar el funcionamiento del sistema neumático

Imagen 138. Cilindro neumático



- ✓ A continuación se verifica que tanto el disco como el cilindro se encuentren libres de acumulaciones que obstruyan el flujo normal de jabón

Imagen 139. Disco y vasos de dosificación



- ✓ Para finalizar se asegura que la tolva de salida se encuentre limpia de partículas

Posteriormente se hará la respectiva alimentación de jabón hacia la máquina, verificar que la alimentación de jabón no sobre pase la capacidad de la tolva de alimentación para así evitar un derrame de este.

### 7.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

De la realización de un óptimo mantenimiento y de un buen trato que se le dé a la máquina depende la vida útil de esta, esto a su vez garantiza tanto una alta confiabilidad como disponibilidad del equipo.

En este capítulo se definirán y describirán detalladamente las actividades destinadas a garantizar un óptimo funcionamiento de la máquina, estas labores de mantenimiento se basan en inspeccionar, ajustar y mantener limpios los elementos que componen el mecanismo de la dosificadora. La realización periódica de estas labores garantiza que la máquina tenga una vida útil prolongada y un funcionamiento eficiente.

Este manual se elabora de una forma sencilla, precisa y concisa para que sea entendido tanto por los ingenieros como los técnicos que manipulen la máquina, esto con el fin que se aplique de una forma correcta y se garantice un óptimo funcionamiento adecuado. El desarrollo de este manual está enfocado no solo en la disminución de los tiempos de funcionamiento al hacer más eficiente la máquina, sino en evitar mantenimiento correctivo, el cual genera paras no programadas, lo cual podría causar pérdidas a nivel productivo y económico, en casos más extremos

el no cumplimiento de este manual puede llegar a generar accidentes con lesionados.

Los siguientes cuadros detallan el manual de mantenimiento, en ellos se destacan las labores que se le deben realizar a cada uno de los elementos claves del dosificador, también se define la herramienta que se debe emplear y el procedimiento a seguir para efectuarlo de forma correcta.

La primera labor a realizar es responsabilidad del operario de la máquina, el cual debe encargarse de la limpieza de la máquina posterior a la realización de la operación, removiendo los residuos de jabón que se puedan presentar.

El funcionamiento de máquina consta de 3 sistemas;

- ✓ Alimentación: Este sistema corresponde al lugar donde se vierte el jabón de manera controlada para ser dosificado
- ✓ Dosificación: Una vez se recibe el producto en la alimentación este se mezcla por medio de un agitador y pasa al disco dosificador
- ✓ Salida: El disco dosificador llena los vasos dosificadores, posteriormente el jabón pasa a la tolva de salida

Cuadro 32. Actividades de mantenimiento

Sistema	Sub sistema	Actividad	Instrumento	Frecuencia
Alimentación	Tolva de alimentación	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Cepillo	Semanal
	Agitador	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Cepillo y llaves de ajuste y apriete	Mensual
	Cilindro hidráulico	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Mensual
	Moto reductor	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Semanal



Cuadro 32. (Continuación)

Sistema	Sub sistema	Actividad	Instrumento	Frecuencia
Dosificación	Disco dosificador	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Diario
	Vasos dosificadores	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Diario
	Disco estático	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Diario
Salida	Tolva de salida	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Semanal
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Diario

Una vez se han definido las actividades destinadas al mantenimiento del equipo y los tiempos en los cuales se deben realizar las labores, se describen los procedimientos que debe realizar el operario de la máquina.

Cuadro 33. Actividad de inspección

Componente	Descripción
Tolva de alimentación	Verificar que la tolva no contenga en su interior acumulación de jabón.
Agitador	Verificar que en el agitador no haya una acumulación de material en las paletas.
Cilindro hidráulico	Verificar que no haya residuos de jabón en el cilindro.
Moto reductor	Verificar que en el motor no se presenten partículas de jabón.
Disco dosificador	Verificar que no haya acumulación de jabón alrededor de los vasos y en la parte central del disco, donde está ubicado el eje de movimiento de este.
Vasos dosificadores	Observar que en el interior de los vasos no exista acumulación de jabón.
Disco estático	Verificar que la superficie del disco no exista material restante dejado por los vasos.
Tolva de salida	Inspeccionar que no exista material en su interior.

Cuadro 34. Actividad de ajuste

Componente	Descripción
Tolva de alimentación	Verificar que la tolva esté sujeta a la estructura
Agitador	Observar que el acople de las aspas estén sujetas correctamente al eje, al igual que las aspas a su acople.
Tolva de salida	Inspeccionar que la tolva esté sujeta a la estructura.

Cuadro 35. Actividad de limpieza

Componente	Descripción
Tolva de alimentación	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por el jabón que se encuentre atorando en la salida de la tolva.
Agitador	Desatornillar cada una de las aspas de su acople y realizar su debida limpieza.
Cilindro hidráulico	Se limpia el cilindro teniendo cuidado en afectar su contenido para que no se ven afectada su integridad.
Moto reductor	Limpiar cualquier tipo de residuo dejado por el jabón que se encuentre en el eje del motor y pueda afectar su movimiento.
Disco dosificador	Limpiar todo tipo de residuo que se encuentre en el Disco.
Vasos dosificadores	Realizar limpieza en el interior de cada vaso.
Disco estático	Limpiar el disco hasta no encontrar ningún tipo de residuo.
Tolva de salida	Limpiar todo tipo de residuo que se encuentre en el interior.

Para la ejecución de este programa de mantenimiento es necesaria una constante revisión por parte de los dueños. Para realizar cambios y limpieza, se debe realizar por parte de un personal capacitado para la labor seleccionada.

#### 7.4 MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Los sistemas de dosificación, como otros equipos industriales deben tener un estudio detallado de los riesgos físicos que presenten en el curso de operación, esto se puede mitigar haciendo un seguimiento y mantenimiento para el funcionamiento y puesta en marcha del mismo. Lo anterior hace primordial el diseño de un manual de seguridad industrial, todo con el fin de que los trabajadores y operarios conozcan la forma correcta de su manipulación y prevenir cualquier tipo de peligro o riesgo laboral en el caso de presentarse, este manual enseña cómo manejar la máquina eficazmente cuando se de alguna urgencia.

Inicialmente se presenta el diagnóstico de prevención, reducción y eliminación de riesgos, las medidas de control, analizar los factores relacionados a los mismos y para finalizar las señales de peligro, advertencia y obligación para el trabajador.

7.4.1 Riesgos eléctricos. La manipulación en largos periodos de tiempo de equipos y máquinas, tiene una gran posibilidad de generar consecuencias a los trabajadores irreversibles tales como: explosiones, incendios, quemaduras y hasta la muerte entre otros; para mitigar estos problemas se debe tener claridad de cuáles son las actividades que se deben tener en cuenta para la prevención y tener las señales de alertas en las zonas en donde este cualquier máquina que maneje altas tensiones, todas estas zonas deben tener la señal de riesgo eléctrico la cual se observa en la siguiente imagen 140<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Manuela básico de seguridad industrial.<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19079/Capitulo3.pdf>

Imagen 140. Señal advertencia de riesgo eléctrico



Fuente: <http://paraimprimirgratis.com/senal-de-riesg>

7.4.2 Las medidas de protección de riesgos eléctricos. Todos los equipos eléctricos deben ser manipulados por personal capacitado y entrenado para llevar a cabo los diferentes trabajos.

Todos los equipos de la planta que generen descarga eléctrica deben estar conectados a un polo a tierra.

Todas las labores relacionadas con cualquier riesgo eléctrico, hasta las actividades en las que se hace mantenimiento a los equipos, no deben ser llevadas a cabo sin el equipo de seguridad como lo son guantes aislantes, gafas, casco y botas de acero<sup>17</sup>.

Antes de dar inicio a cualquier actividad se debe hacer una inspección de la máquina todo esto con el fin de que el equipo este desconectado de la red eléctrica evitando cualquier descarga eléctrica.

El uso de las gafas de seguridad es de suma importancia para la protección de todas las áreas de trabajo en la cual esté en peligro el sistema ocular del trabajador, debido que el destello de luz puede ser altamente nocivo para la vista, por la cantidad de lúminas que estos destellos generan, creando traumatismos que

---

<sup>17</sup> Manuela básico de seguridad industrial.<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19078/Capitulo3.pdf>

conlleven hasta la pérdida visual, ya sea temporal como definitiva. Las zonas donde se debe utilizar las gafas de seguridad, deben estar demarcadas por la señal de obligación de protección visual la cual se muestra en la imagen 141.

Imagen 141. Señal de obligación de protección visual



Fuente: <http://paraimprimigratis.com>

El casco de protección industrial es vital a la hora de reducir cualquier posibilidad de contacto de la cabeza con algún instrumento eléctrico, debe de ser obligatorio el uso del casco dentro de las instalaciones de la empresa y en los puestos de trabajo, este nos garantizara la protección por la caída inesperada de objetos. Las zonas donde se debe usar el casco de protección industrial deben estar demarcadas por la señal de la obligación del uso del casco de protección industrial, la cual se muestra en la imagen 142<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Manuela básico de seguridad industrial. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19079/Capitulo3.pdf>

Imagen 142. Señal obligatoria de uso del casco industrial



Fuente: <http://paraimprimigratis.com/senal-de-riesgo-electrico>

El uso de los guantes tiene una serie de objetivos en una fábrica, en este caso deben ser obligatorios en todos los puestos de trabajo de la empresa, todo esto con el fin de generar un alto porcentaje de protección aislante y térmico, su diseño nos debe garantizar las cargas de resistencias físicas y dieléctrica en caso de contacto directo con máquinas generadoras de electricidad y cambios de temperaturas en los diferentes puestos de trabajo. En las zonas donde sea obligatorio el uso de los guantes deben estar demarcadas por la respectiva señal de obligación de guantes de seguridad eléctrica y térmica, la cual se muestra en la imagen 143<sup>19</sup>.

Imagen 143. Señal uso obligatorio de guantes



Fuente: <http://paraimprimigratis.co>

---

<sup>19</sup> Manuela básica de seguridad industrial. Pag 22.

7.4.3 Riesgos físicos. Un riesgo es la probabilidad de que una sustancia, fenómeno u objeto pueda desencadenar unas series de perturbaciones a la integridad física, o directamente a salud del trabajador.

7.4.4 Medidas de protección y prevención para riesgo físico. La población de la empresa y más específicamente los que están en planta, deben mantener la ropa adecuada según sea la necesidad, como a temperaturas elevadas o también a bajas temperaturas o solo con un overol el cual sea protector del cuerpo, como se muestra en la imagen 144.

Imagen 144. Señal obligatoria para protección del cuerpo



Fuente: <http://paraimprimigratis.com/senal-proteccion-obligatoria>

Se recomiendan que los tiempos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, no deban exceder los periodos límites permisibles determinados por un experto en el tema, respetando los tiempos de descanso en espacios con temperaturas frescas. El operario debe tener constante ayuda mecanizada, esto, con el fin de reducir en su máximo expresión el calor metabólico generado por la constante actividad física. Los puestos de trabajo deben tener sitios de hidratación.

7.4.5 Señales de prohibición. Las señales de prohibición tienen como objetivo comunicarle al trabajador cuales son las actividades y comportamiento que por ningún motivo pueden llevar a cabo puesto que se puede generar un accidente o

distracción generando problemas a la producción. Las señales de seguridad deben ser dentro de las áreas donde a ya un estudio de riesgo de accidente se muestra las imágenes145 y 146<sup>20</sup>.

Imagen 145. Señal prohibido fumar



Fuente: <http://paraimprimigratis.com/senal->

Imagen 146. Señal prohibido quitar protección



Fuente: <http://paraimprimigratis.com/senal>

7.4.6 Riesgo auditivo. Los trabajadores que se encuentran en las instalaciones de la empresa puede estar sometidas a ondas sonoras elevadas, esto puede llevar a inconvenientes a sus capacidades auditivas, perdida de atención al puesto de trabajo, alteración de los sistemas digestivos o circulatorios, perturbación del sueño, entre otros; esto se debe al sonido generado por motores, bombas, bandas transportadoras, entre otros.

---

<sup>20</sup>[http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis\\_Riesgos/pages/pdf/metodologia/3IdentificaciondelosRiesgos\\_es.pdf](http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/3IdentificaciondelosRiesgos_es.pdf)



7.4.7 Medidas de prevención y protección de riesgos auditivos. La empresa debe asegurar el constante mantenimiento de los equipos, puesto que al no hacer los respectivos controles las máquinas podrían presentar vibraciones generando altos índices de ruido que finalmente afectarán al operario<sup>21</sup>.

La compañía debe llevar a cabo procesos de medición de sonido, con la misión de determinar los niveles de ruido a los cuales está expuesto los operarios en los lugares de trabajo.

Los procesos que involucren trabajos altamente ruidosos deben ser aislados o en cuartos de control, mediante el uso de revestimientos absorbentes de sonido en pisos y paredes.

El operario está en la obligación de usar herramientas de protección auditiva en los lugares donde se encuentra la señal protección auditiva la cual se muestra en la imagen 147.

Imagen 147. Señal protección auditiva



Fuente: <http://paraimprimigratis.com/senal>

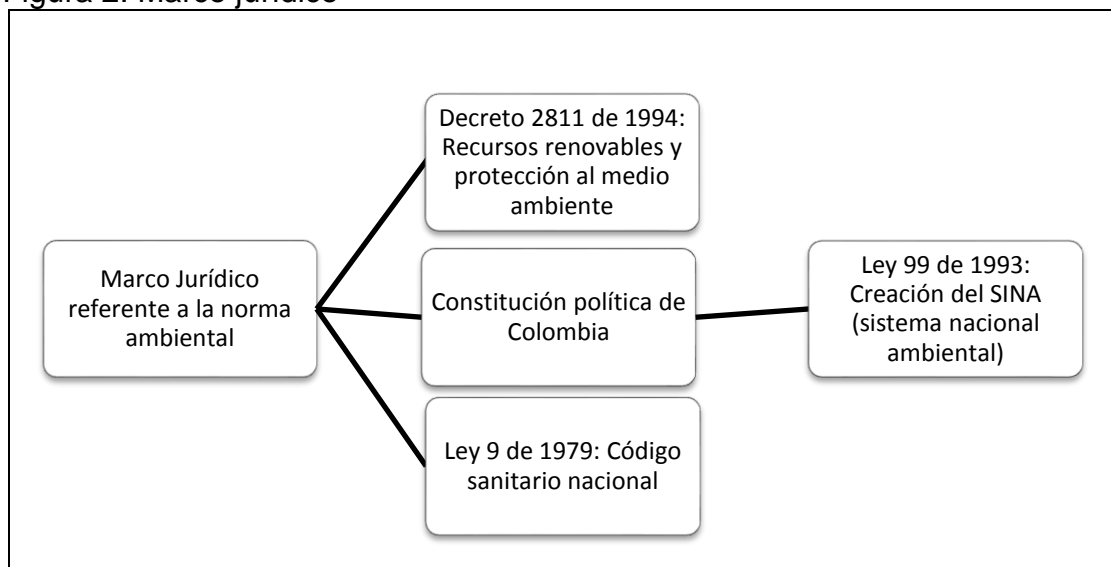
---

<sup>21</sup> Metodología del riesgo, disponible en: <http://www.madrid.org/cs/>

## 8. IMPACTO AMBIENTAL

Cuando se realiza cualquier actividad industrial se presenta un impacto ambiental, por ello se busca que sea moderado para mitigar al máximo el daño que se pueda ocasionar. Para la máquina de dosificación planteada específicamente, donde se dosifica un producto químico, que para este caso es jabón, se debe analizar desde un marco jurídico y técnico, con el objetivo de diagnosticar la situación y minimizar al máximo los posibles inconvenientes que se puedan generar durante la operación de la máquina. El sector industrial y productivo es vigilado por diversas instituciones gubernamentales a nivel nacional, bajo los distintos gremios existentes, con la finalidad de desarrollar programas tanto de optimización, innovación e investigación para desarrollar medidas y políticas que impacten positivamente la preservación del medio ambiente.

Figura 2. Marco jurídico



Fuente: <http://www.foronacionalambiental.org.co/nuestros-temas/politica-ambiental-nacional/>

Los parámetros definidos en estas políticas se tienen en cuenta en el desarrollo y funcionamiento de la máquina dosificadora, con el fin de acercar bastante los procesos de la máquina con lo determinado en la normativa.

### 8.1 PRÁCTICAS GENERALES

Los detergentes tienen como objetivo mantener la limpieza en diferentes partes de algún lugar, ellos están compuestos por agentes surfactantes que tienen como

función eliminar la fricción del agua con el suelo, logrando que disminuyan la fuerza de adhesión a la superficie de partículas (mugre) sustancias.

Estas sustancias se pueden clasificar en dos; de primer y segundo grado, los del primer grado son los contaminantes que son creados bien sea de forma rutinaria o las que son de manera accidental, se deben vigilar puesto que estas pueden generar enfermedades agudas o defectos de nacimiento, cáncer y mutaciones genéticas<sup>22</sup>.

Los contaminantes de segundo grado tienen como características que sin afectar el nivel de emisión pueden generar grandes daños a la atmósfera ya sean a corto o largo plazo, un ejemplo de ello son los compuestos químicos capaces de contribuir ya sea a la disminución o destrucción de la capa estratosférica de ozono que rodea el globo terráqueo, o cualquier partícula que contamine, aun afectando el nivel de inmisión, contribuyen especialmente al agravamiento del efecto invernadero o pero a un el cambio climático global.

## 8.2 ACTIVIDADES CONTROLADAS

La industria está obligada a generar controles sobre cualquier actividad contaminante en diferentes periodos, estas se consideran como actividades prioritarias por su atención y control por parte de autoridades ambientales, estas son las siguientes<sup>23</sup>:

- ✓ Las plantas, canteras de trituración y fabricación de materiales de construcción
- ✓ Las actividades industriales que fabriquen, manejen y usen sustancias sujetas a los controles de protocolo de Montreal de 1.987 que proteja la capa de ozono
- ✓ Las quema o incineración de sustancias, residuos, materias y desechos tóxicos peligrosos
- ✓ Las quemas abiertas y controladas en zonas rurales
- ✓ Las quemas industriales y comerciales de comerciales fósiles
- ✓ La quema de combustibles (gasolina, aceites, diesel, etanoles) utilizados por el parque automotor

---

<sup>22</sup> La química del jabon y aplicaciones. <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/>

<sup>23</sup> Protocolo [http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/RevistaLimpia/vol2n1/PL\\_V2\\_N1\\_p091](http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/RevistaLimpia/vol2n1/PL_V2_N1_p091)

- ✓ Las quemas de bosque natural, manglares, parque y demás partes ambientales de vegetación protectores y demás quemas abiertas prohibidas por las diferentes entidades protectoras

### 8.3 REVISIÓN AMBIENTAL PRELIMINAR

Para iniciar con el estudio de impacto ambiental, se realiza un estudio especializado de todas las áreas de la máquina diseñada, determinado la influencia de cada proceso, con la finalidad que se encuentre de acuerdo a lo fundamentado en la norma ISO 9001. Lo anterior para analizar el posible nivel de impacto ambiental. Previo al análisis, se identifican los siguientes puntos críticos a tener en cuenta para reducir el daño ambiental inicial en el área de trabajo considerando lo siguiente<sup>24</sup>:

Uso de energía eléctrica: Uno de los problemas que nacen del uso eléctrico, son los malgastos de energía, puesto que los operarios no tienen como parte de su rutina laboral apagar los aparatos e interruptores cuando no son utilizados, como ejemplo de lo anterior están las luces del ambiente de trabajo y los computadores.

Uso del agua: Se observa que la puesta en marcha de este diseño, debe garantizar que la entrega del producto este lo más seco posible y con un índice de humedad que este dentro de los cálculos de parámetros de la máquina, igualmente los afluentes que son vertidos sin ningún tipo de tratamiento en desagües. Además, no se hace un seguimiento a la cantidad de productos contaminantes que se emplean a la hora de procesar el jabón.

10.3.1 Puntos Crítico: Es importante mencionar que para la determinación de estos puntos críticos, solo se tuvo en cuenta el punto de localización en el cual va a estar ubicada la dosificadora volumétrica de jabón en polvo.

### 8.4 ASPECTOS AMBIENTALES

Un aspecto ambiental se debe identificar como los elementos iniciales que se incorporan a la actividad de producción de cualquier industria, no dejando atrás subproductos pues estos son significativos para el medio ambiente, el impacto se diferencia con el cambio que ocurre con el ambiente como resultado que tiene un aspecto de estudio. Las directivas deben solicitar al área encargada del impacto ambiental de los procesos productivos en general, estos estudios deben reflejar el

---

<sup>24</sup> Norma ISO 9001.

impacto ambiental al medio. Una de las formas es la identificación de los aspectos y la evaluación en la cual se va a cuantificar a través de unas fases.

Fase 1: Crear una serie de actividades, servicios o productos. Esta actividad, servicio o producto seleccionado debería ser lo bastante extenso para permitir un estudio detallado de cada parte o área de trabajo comprendido de forma suficiente<sup>25</sup>.

Fase 2: Al identificar aspectos ambientales de la actividad, servicio o producto el paso a seguir es asemejar la mayor cantidad de aspectos ambientales potenciales dependiendo de cada actividad, servicio o producto.

Fase 3: Seguido de la fase anterior se puede identificar los impactos ambientales. Identificar toda la cantidad posible de impactos ambientales potenciales y reales, estos pueden ser negativos o positivos asociado a cada ítem de estudio.

8.4.1 La evaluación de los aspectos ambientales. Teniendo en cuenta las fases anteriormente explicadas se realiza el estudio para cada caso.

Etapa 1: Se selecciona una actividad, esta debe estudiar el impacto ambiental en la zona de recolección de la máquina (tolva) o la entrada de ella, ya sea de una forma manual o de algún mecanismo mecánico. Debido a la cantidad de partículas de jabón en polvo que de allí se separan y en contacto con el agua se generen espumas que pueden llegar a contaminar afluentes o yacimientos de agua.

Etapa 2: Identificar aspectos ambientales de los puestos de trabajo según su actividad. Uno de los problemas primordiales es la suspensión de partículas (jabón en polvo), estos residuos en el aire se generan por el movimiento en ciclo de dosificación. Esto afecta el sitio de trabajo y afectar la salud del operario, debido a la volatilidad de las partículas (jabón en polvo).

Etapa 3: Después de la siguiente etapa se deben identificar impactos ambientales. El manejo del jabón en polvo genera un impacto de manera considerable, puesto que conlleva una reacción diferente sobre el medio ambiente, la fauna, en el aire, agua o suelo el compuesto de sus químicos son altamente tóxicos para estos medios. El jabón en polvo por ser un material particulado fino, es de fácil transporte en el aire, contaminando todas las áreas aledañas y perjudica la salud de los empleados y los visitantes que no tengan la protección necesaria, lo que puede generar enfermedades de origen laboral y posibilidad de afectaciones legales para la compañía.

---

<sup>25</sup> <http://www.fao.org/docrep/008/a0323s/a0323s05.htm>

8.4.2 Al evaluar los impactos ambientales se le debe sugerir diversas estrategias de firmas internacionales que hayan realizado una atención oportuna a problemáticas de impacto ambiental.

- ✓ Se recomienda que toda empresa a la que le interesa este proyecto tenga un Sistema de Gestión Ambiental que sea aplicado desde los proveedores, clientes y los mismos empleados de toda la empresa
- ✓ Capacitar frecuentemente, con el fin de entrenar a todos los empleados en la protección del medio ambiente y manejo de residuos
- ✓ Prevenir a toda costa la contaminación, de afluentes o yacimientos de agua, aire y tierra
- ✓ Incorporar conceptos de ciclo de vida y tener un apoyo psicológico a todo trabajador con problemas
- ✓ La estructura y el diseño que conlleva a la producción de la empresa debe minimizar cualquier impacto ambiental
- ✓ Con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible, y la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso del progreso y no se considera en forma displicente
- ✓ El progreso debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo en base a valores industriales que aporten al medio ambiente para ayudar a generaciones futuras

El desarrollo sostenible abarca varios temas como el social, económico y ambiental, las cuales deben estar en un balance equitativo. Con este proyecto lo que se pretende solucionar es el área de dosificación del jabón en polvo la cual presenta problemas de origen ambiental, operativo y productivo. Por consiguiente, aun hay empresas que no prestan adecuado control y mitigación de riesgos.

## 8.5 MATRIZ DE LEOLPOLD

Esta matriz es una técnica para cuantificar e identificar el impacto ambiental de un proyecto desde todas sus actividades.

Para la evaluación de esta matriz, se tienen en cuenta las actividades a desarrollar durante la ejecución del proyecto y analizarlas para identificar el riesgo ambiental que se presente.

Cuadro 36. Matriz de Leopold

Actividad	Impacto	Medida de Mitigación
Proceso	Riesgo de accidente	Contar con personal calificado
	Contaminación debido al ruido.	Se necesita contar con todos los implementos de seguridad.
	Riesgo Eléctrico.	Utilizar todos implementos de seguridad para mitigar el riesgo.
	Contaminación del aire.	Uso de recipientes herméticos y de fácil disposición y para el uso del jabón.
Manejo de jabón en polvo.	Reducción de la visibilidad por partículas de polvo.	Uso de seguridad industrial.
	Contaminación del aire.	Uso de equipos de seguridad y disposición de grano en recipientes herméticos.
	Riesgo de accidente.	Contar con personal capacitado en primeros auxilios.
Diseño de la máquina.	N/A	N/A

8.5.1 Resultados de la matriz. Observando el análisis en cada uno de los ítems planteados en la tabla, se puede concluir que este proyecto tiene un impacto positivo en el medio ambiente, ya que el aire es el aspecto que más afecta el sistema, puesto

que en la ejecución del proyecto se va a producir cierta cantidad de material particulado que afecta a los trabajadores que manipulen toda la máquina.



## 9. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se presenta el presupuesto del diseño y fabricación de la máquina dosificadora volumétrica para jabón en polvo. Para el desarrollo del proyecto se tienen en cuenta todos los costos que incurrirán en los procesos de fabricación. Se determinará el valor de la máquina para la venta, utilidad y análisis comparativo con máquinas similares o que cumplan con ciertos parámetros para la dosificación del jabón.

En la actualidad se ve un crecimiento exponencial de micro empresas, especialmente en relación a industria de productos de aseo, de las cuales se observa que para la adecuada producción se requieren equipos en su mayoría de alto costo e importados. Por lo anterior, se contrata personal que realiza el proceso de manera manual, llevando a retrasos en producción y evidentes pérdidas en las utilidades de las empresas.

En la industria se consigue una gran variedad de máquinas dosificadoras; según la empresa y el país en la que los fabriquen, tienen diferentes características y precios, las cuales se analizan detalladamente en este capítulo. Las empresas a tener en cuenta por su calidad y confiabilidad son Flexypack (Guatemala) pues es el que más se acerca al modelo y al material a dosificar.

### 9.1 DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE FABRICACIÓN

Se realiza un estudio de los costos que se generan en la producción del proyecto, se tienen en cuenta los costos de diseño, ingeniería del proyecto, montaje, fabricación y materiales; determinando la utilidad para precio de venta en el mercado.

Los costos de diseño e ingeniería del proyecto. Se presentan en el cuadro 37

Cuadro 37. Costos de ingeniería

	U/D	\$/Unidad	Cantidad	Total
Talento humano				
Ingenieros(2)	Horas	\$6.000	500	\$6.000.000
Materia prima				
Papel	Resma	\$10.500	3	\$31.500
Tinta	Cartucho	\$50.000	2	\$100.000

Cuadro 37. (Continuación)

	U/D	\$/Unidad	Cantidad	Total
<b>Gastos de Equipo</b>				
Software	Licencia	\$150.000	1	\$150.000
Computador	Horas	\$450	500	\$225.000
<b>Otros Gastos</b>				
Transporte	Día	\$4000	200	\$800.000
<b>Costo total del proyecto</b>				<b>\$7.306.500</b>

Costos de los materiales para la construcción de la dosificadora de jabón en polvo.

A continuación se presenta el presupuesto que se necesita para la construcción de la dosificadora, la Tabla 14 presenta la lista de materiales con la cantidad, valor unitario y valor total.

Tabla 14. Costos de los materiales para construcción

Elemento	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Servo Motor 1/2 HP	Und.	2	\$350.000	\$350.000
Tornillo de sujeción 3/8 grado 5	Und.	18	\$800	\$14.400
Acople mecánico	Und.	2	\$30.000	\$60.000
Tuerca de Anclaje 1/2 grado 5	Und.	24	\$900	\$21.600
Aspa Acero Inoxidable cortas	Und.	2	\$80.000	\$160.000
Soporte Actuador Neumático	Und.	1	\$120.000	\$120.000
Cilindro Neumático	Und.	1	\$300.000	\$300.000
Motor Accionamiento Disco Dosificador	Und.	2	\$300.000	\$300.000
Reductor Accionamiento Disco	Und.	1	\$150.000	\$150.000
Rodamiento 29412-E	Und.	1	\$15.000	\$15.000
Tornillo tolva 3/4 grado 5	Und.	11	\$1.200	\$13.200
Tuerca anclaje tolva 3/4 grado 5	Und.	11	\$1.100	\$12.100
Árbol de Accionamiento	Und.	1	\$120.000	\$120.000
Aspas acero inoxidable largas	Und.	2	\$120.000	\$240.000

Tabla 14 (continuación)

Elemento	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Pieza acople motriz principal	Und.	1	\$750.000	\$750.000
Vasos Dosificadores	Und.	6	\$30.000	\$180.000
Tuerca de sujeción 3/8 grado 5	Und.	18	\$750	\$13.500
Perfil 60*60 Espesor 3 mm	Mts	18	\$15.000	\$270.000
chapa de acero inoxidable 304 espesor 5 mm	Mts^2	8	\$350.000	\$2.800.000
<b>Total</b>				<b>\$5.889.800</b>

Costos de montaje y fabricación. En este caso se determinan las horas /hombre necesarias en cada proceso de montaje y fabricación de la máquina.

Cuadro 38. Mano de obra  
Instalación

Concepto	Valor/hr
Dobladora	\$500.000
Soldadura	\$450.000
Taladro	\$90.000
Montaje	\$300.000
Costo del servicio	\$300.000
<b>Total</b>	<b>\$1.640.000</b>

Análisis de costos. En la cuadro 39 se presenta el costo total de la inversión, en base a los costos anteriores.

Cuadro 39. Costo total de inversión

Costos	Valor total
Costos de Ingeniería y diseño	\$7.306.500
Costos de Materiales	\$5.889.800
Costos de montaje y fabricación	\$1640000
Subtotal	\$14.836.300
Imprevistos (6%)	\$890.178
<b>Total</b>	<b>\$15.724.478</b>

Margen de utilidad. Este representa el porcentaje de ganancia esperado y de la misma forma da el precio de la dosificadora volumétrica comercialmente.

$$\text{Margen de utilidad} = \text{Costo de fabricacion} * \% \text{ de utilidad}$$

$$\text{Margen de utilidad} = \$15.724.478 * 30\%$$

$$\text{Margen de utilidad} = \$4.717.943$$

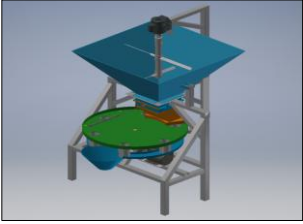
$$\text{Precio de venta} = \$15.724.478 + 4.717.943 = \$20.442.421 \cong \$20.500.000$$

Se determina el precio de venta de la dosificadora volumétrica para jabón en polvo de \$20.500.000 teniendo como base un 30%, como se muestra en la anterior ecuación.

## 9.2 COMPARACIÓN MÁQUINA DEL MERCADO Y DISEÑO DEL PROYECTO


Se realiza el análisis comparativo entre el diseño propuesto en el proyecto y la maquinaria existente en el mercado, que cumpla con características similares en el proceso de dosificación, se relacionan las capacidades básicas como Potencia, Capacidad, precio entre otros. En el cuadro 40 se muestra la ficha técnica del diseño del proyecto y el cuadro 40 la competencia;

Cuadro 40. Ficha técnica máquina diseñada (proyecto)

Característica		Imagen
Motor	0,38 Kw	
Alimentación	220 VAC	
N. de vasos	6	
Precisión	±1%	
Material	Acero Inoxidable304	
Precio	\$20.500.000	

En el cuadro 40, se puede observar que la máquina A tiene un motor más grande por lo cual el consumo de energía más elevado, además el precio de adquisición es alto por los gastos relacionados con la importación de la máquina.

Cuadro 41. Ficha técnica máquina A

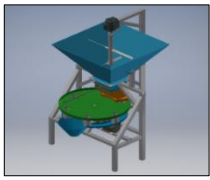

Característica		Imagen
Motor	0,75kw	
Alimentación	220 VAC	
N. de vasos	6	
Precisión	±1%	
Material	Acero Inoxidable304	
Precio	\$29.000.000	

<http://www.flexipack.com.gt/categorias-de-productos/volum%C3%A9tricos>

### 9.3 ANÁLISIS COMPARATIVO

Se realiza el análisis comparativo en el cuadro 42 teniendo como base el diseño del proyecto, resaltando el precio de la máquina.

Cuadro 42. Diferencia precio máquinas

Diseño propuesto en el trabajo	Máquina A
	
\$20.500.000	\$29.000.000

Se determina que el diseño propuesto posee características más competitivas para el mercado nacional, puesto que no se asumen costos de importación y transporte. Otro aspecto a tener en cuenta es que el motor consume menos energía, lo que incide en costos de electricidad más bajos.

Actualmente, el proceso de dosificación se realiza una parte manual y la otra mecánica siendo necesario dos empleados para llevar a cabo la finalización del proceso. Con el diseño propuesto se puede transferir uno de los empleados a otra parte de producción donde se evite la actividad laboral repetitiva y con ello la reducción de costos anuales aproximadamente de \$13.576.272 como se muestra en el cuadro 43.

Cuadro 43. Costo operación de la máquina

Concepto	Valor
Salario mínimo legal mensual para el 2016	\$689.455
Contribución al sistema general de pensiones	\$82.735
Contribución al sistema general de salud mensual	\$58.604
Contribución al sistema general de riesgos profesionales mensual	\$3.585
Subsidio de transporte para el año 2016 mensual	\$77.700
Parafiscales mensuales	\$62.051
Total Anual prima de servicio	\$767.155
Total anual cesantías + intereses	\$774.827
Vacaciones remuneradas	\$344.728
Total Anual	\$13.576.262

## 10. CONCLUSIONES

- ✓ La fabricación de la máquina es viable, puesto que sus características hacen que sea competitiva frente al mercado actual, puesto que se comprobó en el capítulo del análisis financiero, es de menor costo que la importación de otra máquina con similares características.
- ✓ La máquina diseñada organiza el proceso actual de dosificación manual haciendo que un operario preste su servicio en otra parte de la planta y lo más importante es la eliminación de desperdicio del jabón, reduciendo así tiempo y recursos humanos, lo que refleja un ahorro en los costos de producción aproximadamente de 13'500.000 anuales.
- ✓ La evaluación ambiental del proyecto demostró que mediante el diseño, fabricación y operación de la máquina se reduce el posible daño ambiental en relación a otras máquinas.
- ✓ Dado que el proceso de dosificación consta de varias fases, se genera un diseño innovador de la máquina que permita seguir con las demás fases sin necesidad de generar rediseños.

## 11. RECOMENDACIONES

- ✓ Generar un sistema de producción en línea con la inclusión de las demás máquinas del proceso de dosificación (Selladora, empacadora); para así obtener un proceso completo de dosificación de jabón en polvo, logrando obtener el peso indicado.
- ✓ Se debe realizar el diseño de la banda transportadora, tanto en la entrada a la tolva de alimentación como en la salida del material. Se debe empalmar el proceso completo de dosificación y entrega del producto.



## BIBLIOGRAFÍA

Diccionario de la Real academia de la lengua española. Sitio web: <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=yHfxyKIWfDXX2kpDVRWA>. [Citado en 25 de septiembre de 2016](Página103)

DICCIONARIO LAROUSSE. Indagación de terminología. Conceptos claves. Sitio web: [https://www.google.com.co/search?q=dosificadores+volumetricos&espv=2&biw=1366&bih=659&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI\\_T0lvTyAIVQqgeCh2FtQPd#imgsrc=NIKFKLvVDJ8H4M%3a](https://www.google.com.co/search?q=dosificadores+volumetricos&espv=2&biw=1366&bih=659&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI_T0lvTyAIVQqgeCh2FtQPd#imgsrc=NIKFKLvVDJ8H4M%3a). [Citado en 25 de septiembre de 2016].

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC 1486 documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá. ICONTEC. Sexta actualización 2008. p.36 NTC 4490, referencias documentales para fuentes de información electrónicas. 28 de Octubre de 1998 NTC 5613, referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. 23 de julio de 2008

Tecnologías de máquinas. Factor de seguridad. Marzo 26, 2016 de Fundamentos del diseño mecánico. Sitio web: [http://www.ue-inti.gov.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1\\_Fundamentos\\_de\\_diseno/03\\_CoeficienteSeguridad.pdf](http://www.ue-inti.gov.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1_Fundamentos_de_diseno/03_CoeficienteSeguridad.pdf). [Citado en 29 de octubre de 2016]. p. 55, 58, 106

Tipos de dosificadores. Sitio web: <http://www.vescovoweb.com/tiposDosificadores.html#..> [Citado en 25 de septiembre de 2016]. p. 24

SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición. México. Editorial McGraw-Hill. 2008. 1059 páginas.

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. (2011). Guía metodológica para la elaboración de trabajo de grado. [Citado en 25 de mayo de 2016].

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA ESPAÑA. Modelado y optimización de un dispositivo de dosificador automático de aditivos alimentarios comprimidos. Sitio web: [http://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE000098.pdf](http://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000098.pdf). [Citado en 25 de septiembre de 2016]. p. 26

UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales. Sitio web: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16483/00781358.pdf?sequence=1>. [Citado en 4 de agosto de 2016] p.25

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA. Diseño y construcción de una máquina dosificadora de grano pequeño para pequeñas industrias". Sitio web: [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1285/1/Diseno\\_Construccion\\_maquina\\_Gonzalez\\_2008.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1285/1/Diseno_Construccion_maquina_Gonzalez_2008.pdf). p.35

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE ECUADOR. Construcción de un sistema de dosificador por diferencia de pasos para material sólidos homogéneos. Sitio web: [<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4041/1/CD-3794.pdf>]. [Citado en 8 de agosto de 2016]. p.30

ANEXOS

ANEXO A  
Tabla TIMKEN Selección factor de servicio

**QUICK-FLEX COUPLING SERVICE FACTORS FOR APPLICATIONS**

Suggested service factors listed are typical values based on normal operation of the mechanical power transmission system.

Application	Service Factor	Application	Service Factor
<b>Aerators</b>	2.5	<b>Conveyors</b>	
<b>Aggregate Processing, Cement, Mining Kilns</b>		Apron, Assembly, Belt, Chain, Flight, Screw	1.75
Direct or on Line Shaft of Reducer		Bucket	1.75
With Final Drive Machined Spur Gears	2.25	Live Roll, Shaker and Reciprocating	3.0
With Single Helical or Herringbone Gears	2.0	Bridge, Travel or Trolley	2.50
Crushers, Ore or Stone	2.75	<b>Dredgers</b>	
Dryer, Rotary	2.0	Cable Reel	2.0
Grizzly	2.25	Conveyors	1.50
Hammermill or Hog	2.0	Cutter Head, Jig Drive	2.5
Tumbling Mill or Barrel	2.0	Maneuvering Winch	1.75
<b>Agitators (also see Mixers)</b>		Pumps (Uniform Load)	1.75
Vertical, Horizontal, Screw, Propeller, Paddle	1.25	Screen Drive, Stacker	2.0
<b>Barge Haul Puller</b>	1.75	Utility Winch	2.0
<b>Blowers</b>		Dynamometer	1.5
Centrifugal	1.5	<b>Elevators: Bucket, Centrifugal Discharge</b>	1.75
Lobe or Vane	1.5	<b>Exciter, Generator</b>	1.5
<b>Brewing and Distilling</b>		<b>Extruder, Plastic</b>	1.5
Bottle- and Can-Filling Machines	1.5	<b>Fans</b>	
Brew Kettle	1.25	Centrifugal	1.25
Cookers, Continuous Duty	1.5	Cooling Tower	2.0
Lauter Tub	1.75	Forced Draft-Across the Line Start	1.75
Mash Tub	1.5	<b>Feeders</b>	
Scale Hopper, Frequent Peaks	2.0	Apron, Belt, Disc, Screw	1.25
<b>Clarifier or Classifier</b>	1.25	Reciprocating	2.5
<b>Clay-Working Industry</b>		<b>Food Industry</b>	
Brick Press, Briquette Machine, Clay-Working Machine, Pug Mill	2.0	Beet Slicer	2.0
<b>Compressors</b>		Bottle- and Can-Filling Machine	1.5
Centrifugal	1.25	Cereal Cooker	1.5
Rotary, Lobe or Vane	1.5	Dough Mixer, Meat Grinder	2.0
Rotary, Screw	1.5	Forced-Draft Motor Driven through Fluid or Electro-Slip Clutch	1.25
Reciprocating		Gas Recirculating	1.50
Direct Connected	Refer to Equipment OEM	Induced Draft with Damper Control or Blade Cleaner	1.50
Without Flywheels	Refer to Equipment OEM	Induced Draft without Controls	2.0
With Flywheel and Gear between Compressor and Prime Monitor		<b>Generators</b>	
One Cylinder, Single Acting	3.0	Even Load	1.25
One Cylinder, Double Acting	3.0	Hoist or Railway Service	1.75
Two Cylinders, Single Acting	3.0	Welder Load	2.0
Two Cylinders, Double Acting	3.0	<b>Hammermill</b>	1.75
Three Cylinders, Single Acting	3.0	<b>Laundry Washer or Tumbler</b>	2.0
Three Cylinders, Double Acting	2.0	<b>Line Shafts, Any Processing Machinery</b>	1.5
Four or More Cyl., Single Acting	2.5		
Four or More Cyl., Double Acting	2.5		

Continued on next page.

ANEXO A.  
Tabla TIMKEN selección de acoplamiento

TABLE 6. QUICK-FLEX COUPLING TORQUE RATINGS WITH HIGH-SPEED COVER (METRIC)

Coupling Series	Insert Part No.	Insert Color	Continuous Torque	kW Ratings @ Various RPM (Service Factor = 1)									
				50	100	300	600	900	1200	1750	2400	3600	5000
				Nm									
QF5	QF5INSERT	Red	43	0.2	0.4	1.3	2.7	4.0	5.4	7.8	10.7	16.1	22.3
	QF5HINSERT	White	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
	QF5BINSERT	Blue	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
QF15	QF15INSERT	Red	120	0.6	1.3	3.8	7.5	11.3	15.0	21.9	30.1	45.1	62.6
	QF15HINSERT	White	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8
	QF15BINSERT	Blue	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8
QF25	QF25INSERT	Red	387	2.0	4.1	12.2	24.3	36.5	48.6	70.9	97.3	145.9	202.7
	QF25HINSERT	White	730	3.8	7.6	22.9	45.9	68.8	91.7	133.8	183.5	275.2	382.2
	QF25BINSERT	Blue	730	3.8	7.6	22.9	45.9	68.8	91.7	133.8	183.5	275.2	382.2
QF50	QF50INSERT	Red	798	4.2	8.4	25.1	50.2	75.2	100.3	148.3	200.6	301.0	418.0
	QF50HINSERT	White	1582	8.3	16.6	49.7	99.4	149.1	198.8	289.9	397.6	598.4	828.3
	QF50BINSERT	Blue	1582	8.3	16.6	49.7	99.4	149.1	198.8	289.9	397.6	598.4	828.3
QF100	QF100INSERT	Red	1602	8.4	16.8	50.3	100.7	151.0	201.3	293.6	402.6	603.9	838.8
	QF100HINSERT	White	3177	16.6	33.3	99.8	199.6	299.4	399.2	582.1	798.4	1197.6	1663.3
	QF100BINSERT	Blue	3177	16.6	33.3	99.8	199.6	299.4	399.2	582.1	798.4	1197.6	1663.3
QF175	QF175INSERT	Red	2780	14.6	29.1	87.3	174.7	262.0	349.3	509.4	698.6	1047.9	1455.4
	QF175HINSERT	White	5325	27.9	55.8	167.3	334.5	501.8	669.1	975.7	1338.1	2007.2	2787.8
	QF175BINSERT	Blue	5325	27.9	55.8	167.3	334.5	501.8	669.1	975.7	1338.1	2007.2	2787.8
QF250	QF250INSERT	Red	3513	18.4	36.8	110.4	220.7	331.1	441.4	643.8	882.9	1324.3	1839.3
	QF250HINSERT	White	6975	36.5	73.0	219.1	438.2	657.3	876.4	1278.1	1752.8	2629.2	3651.7
	QF250BINSERT	Blue	6975	36.5	73.0	219.1	438.2	657.3	876.4	1278.1	1752.8	2629.2	3651.7
QF500	QF500INSERT	Red	6790	35.5	71.1	213.3	426.6	639.9	853.2	1244.2	1706.4	2559.6	3554.9
	QF500HINSERT	White	13051	68.3	136.7	410.0	819.9	1229.9	1639.9	2391.5	3279.7	4919.6	6832.7
	QF500BINSERT	Blue	13051	68.3	136.7	410.0	819.9	1229.9	1639.9	2391.5	3279.7	4919.6	6832.7
QF1000	QF1000INSERT	RED	9601	50.3	100.5	301.6	603.2	904.8	1206.4	1759.3	2412.7		
	QF1000HINSERT	WHITE	18418	96.4	192.9	578.6	1157.1	1735.7	2314.3	3375.0	4628.5		
	QF1000BINSERT	BLUE	18418	96.4	192.9	578.6	1157.1	1735.7	2314.3	3375.0	4628.5		
QF1890	QF1890INSERT	Red	10740	56.2	112.5	337.4	674.8	1012.2	1349.6	1968.2	2699.2		
	QF1890HINSERT	White	20409	106.9	213.7	641.1	1282.3	1923.4	2564.5	3740.0	5129.1		
	QF1890BINSERT	Blue	20409	106.9	213.7	641.1	1282.3	1923.4	2564.5	3740.0	5129.1		
QF3150	QF3150INSERT	RED	11880	62.2	124.4	373.2	746.4	1119.5	1492.7	2176.9			
	QF3150HINSERT	WHITE	22401	117.3	234.6	703.7	1407.4	2111.1	2814.8	4105.0			
	QF3150BINSERT	BLUE	22401	117.3	234.6	703.7	1407.4	2111.1	2814.8	4105.0			
QF10260	QF10260INSERT	RED	23748	124.3	248.7	746.0	1492.0	2238.1	2984.1				
	QF10260HINSERT	WHITE	44736	234.2	468.4	1405.3	2810.6	4216.0	5621.3				
	QF10260BINSERT	BLUE	44736	234.2	468.4	1405.3	2810.6	4216.0	5621.3				

NOTE: Quick-Flex flexible couplings can sustain momentary peak torque loads up to 200 percent of their continuous torque rating.

ANEXO B.

Tabla TIMKEN tolerancia y selección acoplamientos desalineación



**TORQUE RATINGS AND MISALIGNMENT TOLERANCES** – *continued*

TABLE 9. QUICK-FLEX COUPLING MISALIGNMENT TOLERANCES

Coupling Series	Radial Misalignment Tolerance	Axial Misalignment Tolerance	Angular Misalignment Tolerance
	mm in.	mm in.	
QF5	0.51 0.020	1.98 0.078	2°
QF15	0.99 0.039	2.95 0.116	2°
QF25	0.99 0.039	2.95 0.116	2°
QF50	0.97 0.038	2.95 0.116	2°
QF100	1.47 0.058	3.96 0.156	2°
QF175	1.47 0.058	4.45 0.175	1.3°
QF250	1.47 0.058	5.94 0.234	1.3°
QF500	1.47 0.058	5.94 0.234	1°
QF1000	1.47 0.058	5.94 0.234	1°
QF1890	1.47 0.058	7.92 0.312	1°
QF3150	1.98 0.078	7.92 0.312	1°
QF10260	1.98 0.078	7.92 0.312	1°

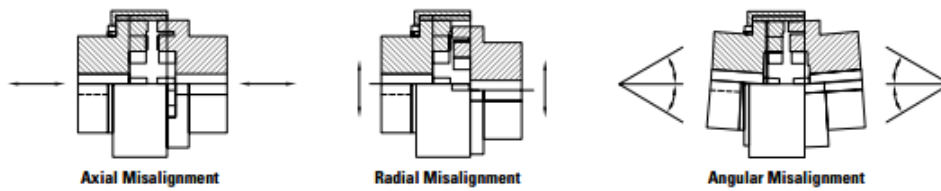
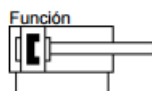


Fig. 4. Types of misalignment.

ANEXO C.  
Tabla FESTO configuración cilindro normalizado

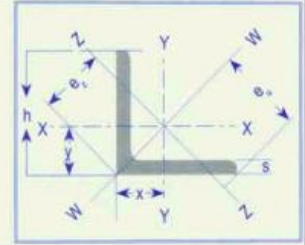
**Resumen de configuración para cilindro normalizado  
DSNU-20-300-P-A  
#19217**



Características básicas	
Feature	Value
Función	DSNU Cilindro redondo DSNU, en unidades métricas
Diámetro del émbolo en mm	20 mm
Carrera en mm	300 mm
Amortiguación	P Anillos elásticos / placas de amortiguación en ambos lados
Detección de posiciones	A Para detector de posiciones

Otras opciones de productos	
Feature	Value
Culata del cilindro	Estándar
Seguro antigiro	Sin
Tipo de vástago	Vástago simple
K2 Rosca prolongada del vástago	Sin
K6 - Rosca exterior corta del vástago	Sin
Rosca del vástago	Rosca exterior
K5 - Rosca especial	Rosca estándar en el vástago
K8 - Vástago prolongado delante	Sin
Unidad de bloqueo	Sin
Protección contra corrosión	Estándar
Resistencia a temperaturas	Estándar
Rascador	Estándar
Funcionamiento constante	Sin
Características del movimiento	Estándar
Certificación EU (ATEX)	Sin

ANEXO D  
Tabla PERFIL & VIGAS perfil ángulo L



**ÁNGULO TIPO AMERICANO DE LADOS IGUALES**

Dimensiones y propiedades para el diseño

PERFILES EN L	DIMENSIONES						AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS								
	ALTURA=ALA		RADIOS	DISTANCIAS DE LOS EJES					EJE X-X = Y-Y			EJE W-W			EJE Z-Z		
	h	s		x=y	w	z			Ix	Sx	rx	Iw	mw	Iz	Sz	rz	
mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm		
L 1/8" X 3/4"	19.05	3.17	3.20	0.58	1.34	0.82	1.11	0.88	0.37	0.28	0.58	0.58	0.73	0.16	0.19	0.38	
L 1/8" X 1"	25.40	3.17	3.20	0.76	1.79	1.07	1.52	1.19	0.92	0.51	0.79	1.24	0.93	0.41	0.38	0.48	
L 1/8" X 1 1/4"	31.75	3.17	4.70	0.89	2.24	1.25	1.93	1.50	1.83	0.80	0.97	2.91	1.19	0.83	0.66	0.60	
L 1/8" X 1 1/2"	38.10	3.17	4.70	1.07	2.69	1.51	2.34	1.83	3.25	1.18	1.17	5.41	1.47	1.24	0.82	0.73	
L 1/8" X 2"	50.80	3.17	6.30	1.40	3.58	1.97	3.10	2.46	7.91	2.13	1.60	12.49	1.97	3.32	1.68	0.99	
L 3/16" X 1"	25.40	4.76	3.20	0.81	1.79	1.14	2.21	1.73	1.25	0.72	0.76	2.08	0.93	0.41	0.36	0.48	
L 3/16" X 1 1/4"	31.75	4.76	4.70	0.97	2.24	1.37	2.79	2.20	2.54	1.16	0.97	3.74	1.19	0.83	0.61	0.60	
L 3/16" X 1 1/2"	38.10	4.76	4.70	1.12	2.69	1.58	3.43	2.68	4.58	1.64	1.17	7.07	1.44	1.66	1.05	0.73	
L 3/16" X 2"	50.80	4.76	6.30	1.45	3.58	2.00	4.61	3.63	11.45	3.11	1.57	17.48	1.95	4.57	2.28	0.99	
L 3/16" X 2 1/2"	63.50	4.76	8.30	1.75	4.49	2.47	5.81	4.61	22.89	4.92	1.98	36.52	2.46	9.15	3.70	1.24	
L 3/16" X 3"	76.20	4.76	7.90	2.08	5.38	2.94	7.03	5.52	40.01	7.22	2.39	64.38	3.03	16.12	5.48	1.51	
L 1/4" X 1"	25.4	6.35	3.20	0.86	1.79	1.21	2.80	2.22	1.54	0.92	0.74	2.49	0.91	0.83	0.69	0.48	
L 1/4" X 1 1/4"	31.75	6.35	4.70	1.02	2.24	1.44	3.72	2.86	3.21	1.49	0.94	4.99	1.16	1.24	0.86	0.60	
L 1/4" X 1 1/2"	38.10	6.35	4.70	1.19	2.69	1.68	4.40	3.48	5.83	2.20	1.14	8.74	1.42	2.49	1.48	0.73	
L 1/4" X 2"	50.80	6.35	6.30	1.50	3.58	2.10	6.06	4.75	14.57	4.10	1.55	22.47	1.93	5.82	2.77	0.99	
L 1/4" X 2 1/2"	63.50	6.35	6.30	1.83	4.49	2.54	7.68	6.10	29.14	6.39	1.96	45.36	2.43	11.65	4.58	1.24	
L 1/4" X 3"	76.20	6.35	7.90	2.13	5.38	2.97	9.29	7.29	51.60	9.50	2.36	78.66	2.94	20.39	6.86	1.49	
L 1/4" X 4"	101.60	6.35	9.50	2.77	7.18	3.91	12.52	9.82	124.90	17.20	3.18	191.39	3.96	48.10	12.30	2.00	
L 5/16" X 2"	50.80	7.94	6.30	1.55	3.58	2.18	7.42	5.83	17.46	4.92	1.52	26.63	1.90	7.07	3.24	0.99	
L 5/16" X 2 1/2"	63.50	7.94	6.30	1.88	4.49	2.64	9.48	7.44	35.38	7.87	1.93	55.35	2.41	14.56	5.51	1.24	
L 5/16" X 3"	76.20	7.94	7.90	2.21	5.38	3.04	11.48	9.08	62.90	11.60	2.34	96.98	2.92	24.97	8.21	1.47	
L 5/16" X 4"	101.60	7.94	9.50	2.84	7.18	4.01	15.48	12.20	154.40	21.10	3.15	239.33	3.93	61.60	15.36	2.00	
L 3/8" X 2"	50.80	9.53	6.30	1.63	3.58	2.30	8.77	6.99	19.98	5.74	1.50	30.80	1.87	8.32	3.61	0.99	
L 3/8" X 2 1/2"	63.50	9.53	6.30	1.93	4.49	2.71	11.16	8.78	40.79	9.34	1.91	64.09	2.38	17.06	6.29	1.24	
L 3/8" X 3"	76.20	9.53	7.90	2.26	5.38	3.14	13.61	10.72	73.30	13.60	2.31	112.79	2.89	29.55	9.41	1.47	
L 3/8" X 4"	101.60	9.53	9.50	2.89	7.18	4.03	18.45	14.58	181.90	24.90	3.12	283.03	3.91	73.25	18.17	1.98	
L 3/8" X 5"	127.00	9.53	12.70	3.53	8.96	4.97	23.29	18.30	363.80	39.70	3.96	579.60	4.99	148.00	29.80	2.52	
L 3/8" X 6"	152.40	9.53	12.70	4.16	10.76	5.88	28.13	22.17	640.60	57.80	4.78	1018.60	6.02	262.60	44.70	3.05	
L 1/2" X 3"	76.20	12.70	7.90	2.36	5.38	3.32	17.74	13.99	92.40	17.50	2.29	142.76	2.84	38.29	11.53	1.47	
L 1/2" X 4"	101.60	12.70	9.50	2.99	7.18	4.21	24.19	19.05	231.40	32.30	3.10	361.28	3.86	94.48	22.44	1.98	
L 1/2" X 5"	127.00	12.70	12.70	3.63	8.96	5.12	30.65	24.11	468.30	51.60	3.91	746.50	4.94	190.10	37.20	2.49	
L 1/2" X 6"	152.40	12.70	12.70	4.27	10.76	6.03	37.10	29.17	828.70	75.50	4.72	1326.10	5.97	331.30	54.90	2.99	
L 5/8" X 4"	101.60	15.88	9.50	3.12	7.18	4.39	29.74	23.36	277.20	39.30	3.05	433.71	3.81	115.71	26.35	1.98	
L 5/8" X 6"	152.40	15.88	12.70	4.39	10.76	6.20	45.87	36.01	1005.60	92.80	4.67	1604.80	5.92	406.40	65.60	2.98	
L 3/4" X 6"	152.40	19.05	12.70	4.52	10.76	6.38	54.45	42.71	1171.70	109.10	4.65	1859.20	5.85	484.20	75.90	2.98	
L 1" X 6"	152.40	25.40	12.70	4.72	10.76	6.66	70.97	55.66	1476.00	140.00	4.57	2327.80	5.73	624.20	93.70	2.96	

ANEXO E  
Tabla Siemens selección motor reductor

### Determining the gearbox type in accordance with the power rating and output speed

Power rating $P_{Motor}$ kW (50 Hz)	Output speed $n_2$ (50 Hz) rpm	Torque $T_2$ Nm	Gearbox ratio $i_{tot}$	For further information, see page
<b>Helical geared motors E, D, and Z</b>				
0.09	3.00 ... 6.6	285 ... 130.0	208.77 ... 133.57	2/8
0.12	0.05 ... 302.0	16 373 ...	3.8	28 260.00 ... 4.47 2/8 ... 2/11
0.18	0.05 ... 377.0	24 136 ...	4.6	24 996.00 ... 3.58 2/11 ... 2/15
0.25	0.08 ... 486.0	23 171 ...	5.1	16 361.00 ... 3.33 2/15 ... 2/19
0.37	0.12 ... 383.0	24 391 ...	9.2	11 066.00 ... 3.58 2/19 ... 2/22
0.55	0.20 ... 415.0	23 539 ...	13.0	7 008.00 ... 3.31 2/23 ... 2/26
0.75	0.27 ... 558.0	23 419 ...	13.0	5 107.00 ... 2.50 2/26 ... 2/30
1.1	0.40 ... 890.0	24 043 ...	12.0	3 580.00 ... 1.59 2/30 ... 2/35
1.5	0.64 ... 934.0	24 512 ...	15.0	2 666.00 ... 1.52 2/35 ... 2/39
2.2	0.84 ... 934.0	22 829 ...	22.0	1 682.00 ... 1.52 2/39 ... 2/43
3	1.10 ... 934.0	23 331 ...	31.0	1 255.00 ... 1.52 2/44 ... 2/48
4	1.60 ... 1 021.0	21 939 ...	37.0	896.00 ... 1.41 2/48 ... 2/52
5.5	2.00 ... 1 032.0	24 909 ...	51.0	746.00 ... 1.41 2/52 ... 2/56
7.5	2.70 ... 1 032.0	24 896 ...	69.0	546.00 ... 1.41 2/56 ... 2/60
9.2	5.00 ... 1 032.0	17 465 ...	85.0	289.23 ... 1.41 2/60 ... 2/64
11	4.40 ... 1 035.0	24 093 ...	101.0	243.82 ... 1.41 2/64 ... 2/68
15	6.00 ... 1 074.0	23 923 ...	13 3.0	243.82 ... 1.36 2/68 ... 2/71
18.5	7.10 ... 1 081.0	24 799 ...	163.0	206.34 ... 1.36 2/71 ... 2/74
22	9.60 ... 1 081.0	21 885 ...	194.0	153.12 ... 1.36 2/75 ... 2/78
30	12.10 ... 1 081.0	23 713 ...	265.0	121.67 ... 1.36 2/78 ... 2/80
37	14.70 ... 1 088.0	24 104 ...	325.0	100.96 ... 1.36 2/80 ... 2/83
45	18.30 ... 1 088.0	23 453 ...	395.0	80.77 ... 1.36 2/83 ... 2/85
55	21.00 ... 905.0	24 551 ...	580.0	69.41 ... 1.64 2/85 ... 2/87
75	35.00 ... 512.0	20 716 ...	1 399.0	42.95 ... 2.90 2/87 ... 2/88
90	35.00 ... 512.0	24 859 ...	1 678.0	42.95 ... 2.90 2/88 ... 2/89
110	88.00 ... 179.0	11 927 ...	5 871.0	16.86 ... 8.30 2/89
132	88.00 ... 179.0	14 312 ...	7 046.0	16.86 ... 8.30 2/89 ... 2/90
160	88.00 ... 179.0	17 348 ...	8 540.0	16.86 ... 8.30 2/90
200	88.00 ... 179.0	21 685 ...	10 675.0	16.86 ... 8.30 2/90
<b>Parallel shaft geared motors FZ and FD</b>				
0.09	2.30 ... 4.6	367 ... 186.0	280.41 ... 191.34	3/6
0.12	0.05 ... 121	16 802 ...	9.5	29 000.00 ... 11.16 3/6 ... 3/9
0.18	0.05 ... 248	24 429 ...	8.3	25 299.00 ... 6.53 3/9 ... 3/9
0.25	0.09 ... 355	22 462 ...	6.7	15 519.00 ... 3.80 3/12 ... 3/12
0.37	0.13 ... 73	23 944 ...	49.0	10 863.00 ... 18.86 3/15 ... 3/15
0.55	0.19 ... 171	24 059 ...	31.0	7 163.00 ... 8.06 3/17 ... 3/17
0.75	0.28 ... 362	23 016 ...	20.0	5 021.00 ... 3.80 3/20 ... 3/20
1.1	0.38 ... 372	25 111 ...	28.0	3 739.00 ... 3.80 3/23 ... 3/23
1.5	0.98 ... 374	21 689 ...	38.0	2 359.00 ... 3.80 3/26 ... 3/26
2.2	0.98 ... 366	23 887 ...	57.0	1 760.00 ... 3.80 3/29 ... 3/29
3	1.1 ... 374	22 960 ...	77.0	1 236.00 ... 3.80 3/33 ... 3/33
4	2.4 ... 333	16 239 ...	115.0	411.98 ... 4.33 3/36 ... 3/36
5.5	2.4 ... 366	22 329 ...	143.0	403.86 ... 3.97 3/38 ... 3/38
7.5	3.0 ... 366	24 243 ...	195.0	403.86 ... 3.97 3/41 ... 3/41
9.2	3.6 ... 366	24 387 ...	288.0	403.86 ... 3.97 3/43 ... 3/43
11	3.0 ... 306	35 066 ...	343.0	299.20 ... 4.77 3/46 ... 3/46
15	3.5 ... 306	40 468 ...	468	248.85 ... 4.77 3/48 ... 3/48
18.5	4.5 ... 259	39 601 ...	683	242.01 ... 5.68 3/50 ... 3/50
22	5.5 ... 387	37 909 ...	543	242.01 ... 3.80 3/52 ... 3/52
30	6.7 ... 387	42 593 ...	741	218.54 ... 3.80 3/53 ... 3/53

ANEXO F  
Tabla Siemens selección motor reductor (2)



# MOTOX Geared Motors

## Helical geared motors

Geared motors up to 200 kW

2

**Selection and ordering data (continued)**

Power rating $P_{Motor}$ kW	Output speed		Output torque $T_2$ Nm	Service factor $\xi_B$	Gearbox ratio $i_{tot}$	Order No.	Order code (No. of poles)	Weight <sup>↗</sup> kg
	$n_2$ (50 Hz) rpm	$n_2$ (60 Hz) rpm						
0.55 (50 Hz)	<b>D.108-Z38-LA71ZMP4</b>							
0.66 (60 Hz)	1.4	1.7	3 273	0.95	971	2KJ1223 - ■CG13 - ■■K1		127
	1.6	1.9	2 926	1.1	868	2KJ1223 - ■CG13 - ■■J1		127
	1.7	2.0	2 687	1.2	797	2KJ1223 - ■CG13 - ■■H1		127
	<b>D.108-LA90LA8</b>							
	1.9	2.3	2 796	1.1	359.30	2KJ1206 - ■EE13 - ■■V1	P02	136
	2.1	2.5	2 531	1.2	325.21 *	2KJ1206 - ■EE13 - ■■U1	P02	136
	2.4	2.9	2 216	1.4	284.73	2KJ1206 - ■EE13 - ■■T1	P02	136
	<b>D.108-LA80M6</b>							
	2.5	3.0	2 074	1.5	359.30	2KJ1206 - ■DC13 - ■■V1	P01	130
	2.8	3.4	1 877	1.7	325.21 *	2KJ1206 - ■DC13 - ■■U1	P01	130
	3.2	3.8	1 643	1.9	284.73	2KJ1206 - ■DC13 - ■■T1	P01	130
	<b>D.88-LA90LA8</b>							
	2.5	3.0	2 108	0.80	270.90	2KJ1205 - ■EE13 - ■■U1	P02	88
	2.8	3.4	1 901	0.88	244.29 *	2KJ1205 - ■EE13 - ■■T1	P02	88
	<b>D.88-LA80M6</b>							
	3.0	3.6	1 734	0.97	300.41 *	2KJ1205 - ■DC13 - ■■V1	P01	82
	3.4	4.1	1 564	1.1	270.90	2KJ1205 - ■DC13 - ■■U1	P01	82
	3.7	4.4	1 410	1.2	244.29 *	2KJ1205 - ■DC13 - ■■T1	P01	82
	4.3	5.2	1 233	1.4	213.64	2KJ1205 - ■DC13 - ■■S1	P01	82
	<b>D.88-LA71ZMP4</b>							
	4.6	5.5	1 152	1.5	300.41 *	2KJ1205 - ■CG13 - ■■V1		78
	5.1	6.1	1 039	1.6	270.90	2KJ1205 - ■CG13 - ■■U1		78
	5.6	6.7	937	1.8	244.29 *	2KJ1205 - ■CG13 - ■■T1		78
	6.4	7.7	819	2.1	213.64	2KJ1205 - ■CG13 - ■■S1		78
	<b>D.68-LA71ZMP4</b>							
	5.5	6.6	953	0.84	248.68 *	2KJ1204 - ■CG13 - ■■T1		46
	6.1	7.3	867	0.92	226.07	2KJ1204 - ■CG13 - ■■S1		46
	6.7	8.0	779	1.0	203.09 *	2KJ1204 - ■CG13 - ■■R1		46
	7.9	9.5	667	1.2	174.08	2KJ1204 - ■CG13 - ■■Q1		46
	8.7	10.4	604	1.3	157.50 *	2KJ1204 - ■CG13 - ■■P1		46
	9.4	11.3	557	1.4	145.38	2KJ1204 - ■CG13 - ■■N1		46
	<b>D.68-LA71ZMP4</b>							
	10.8	13.0	485	1.7	126.41 *	2KJ1204 - ■CG13 - ■■M1		46
	11.9	14.3	440	1.8	114.78	2KJ1204 - ■CG13 - ■■L1		46
	13.1	15.7	402	2.0	104.80 *	2KJ1204 - ■CG13 - ■■K1		46
	14.2	17.0	369	2.2	96.16	2KJ1204 - ■CG13 - ■■J1		46
	<b>D.48-LA71ZMP4</b>							
	10.4	12.5	507	0.89	132.34 *	2KJ1203 - ■CG13 - ■■N1		27
	11.8	14.2	444	1.0	115.91	2KJ1203 - ■CG13 - ■■M1		27
	13.4	16.1	393	1.1	102.52 *	2KJ1203 - ■CG13 - ■■L1		27
	14.7	17.6	356	1.3	92.91	2KJ1203 - ■CG13 - ■■K1		27
	16.7	20	314	1.4	82.02 *	2KJ1203 - ■CG13 - ■■J1		27
	18.5	22	284	1.6	73.99	2KJ1203 - ■CG13 - ■■H1		27

★ Preferred transmission ratio

Shaft designs, see page 2/117

Frequency and voltage, see page 8/20

Gearbox housing mounting position, see page 2/119

↗ For mounting type B3

1, 2 or 9

1 to 9

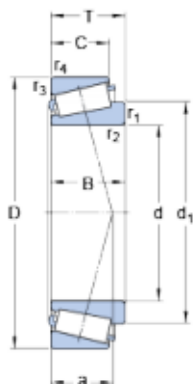
A, F, H or R

ANEXO G

Tabla SKF selección rodamiento rodillos

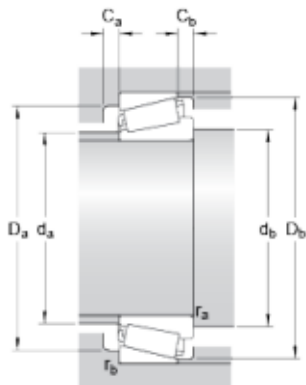
### 387 A/382 S/Q

#### Dimensiones



d		57.15	mm
D		96.838	mm
T		25.4	mm
d <sub>1</sub>		74.23	mm
B		21.946	mm
C		20.274	mm
r <sub>1,2</sub>	min.	3.5	mm
r <sub>3,4</sub>	min.	2.3	mm
a		21	mm

#### Dimensiones de los resaltes




d <sub>a</sub>	max.	65	mm
d <sub>b</sub>	min.	68.5	mm
D <sub>a</sub>	min.	87	mm
D <sub>a</sub>	max.	87.5	mm
D <sub>b</sub>	min.	91	mm
C <sub>a</sub>	min.	5	mm
C <sub>b</sub>	min.	5	mm
r <sub>a</sub>	max.	3.3	mm
r <sub>b</sub>	max.	2.3	mm

#### Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	80.9	kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	102	kN

ANEXO H  
Planos

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

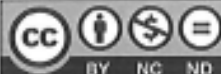


Nosotros **David Orlando Ortiz Martínez** y **Cristian David Zambrano Galeano** en calidad de titulares de la obra **Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo**, elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:


AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, a los 4 días del mes de Febrero del año 2017.

#### LOS AUTORES:

##### Autor 1

Nombres	Apellidos
David Orlando	Ortiz Martínez
Documento de identificación No	Firma
1014209788	

##### Autor 2

Nombres	Apellidos
Cristian David	Zambrano Galeano
Documento de identificación No	Firma
1024509786	