

DISEÑO DE UNA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS PARA EL
MÓDULO DE ENVASADO DE UN LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN

ROBERTO MENDOZA VILLAMIL
CÉSAR LUIS RODRÍGUEZ SOTO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

DISEÑO DE UNA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS PARA EL
MÓDULO DE ENVASADO DE UN LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN.

ROBERTO MENDOZA VILLAMIL
CÉSAR LUIS RODRÍGUEZ SOTO

Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Director
Miguel Alfonso Morales Granados
Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

Nota de aceptación:

Ing. Miguel Fernando Jiménez Jiménez

Ing. Luis Alejandro Torres Blanco

Bogotá D.C. noviembre de 2.019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

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

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a Dios, a mis padres Roberto Mendoza Millán y Adela Villamil Castellanos, que gracias a ellos he podido culminar con esta etapa de mi vida, gracias a sus consejos, su apoyo y paciencia para finalizar mi carrera, a mi familia y mis amigos que ayudaron en cada paso para obtener este logro.

Roberto Mendoza Villamil

Dedico este proyecto a Dios, por darme sabiduría, salud y paciencia para culminar mis estudios, a mis padres Héctor Fernando Rodríguez Arango y Rubi Soto Carvajal, por guiarme en cada paso de mi vida y mi carrera profesional, por su apoyo incondicional, dedicación, esmero, comprensión y paciencia diaria durante todos estos años, a mis amigos y compañeros que contribuyeron en este logro tan importante para ayudarme a crecer como persona y profesional.

César L. Rodríguez Soto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la entrega, vocación y dedicación de todos y cada uno de los profesores que fueron partícipes de nuestro proceso de aprendizaje y formación durante toda nuestra carrera profesional, por compartir sus conocimientos y experiencia con nosotros.

A nuestros padres, por educarnos de una excelente manera, por los esfuerzos que han hecho para brindarnos la oportunidad de realizar el sueño de ser profesionales y por apoyarnos siempre en cada uno de nuestros impulsos para salir adelante.
A nuestros amigos y compañeros por darnos ánimo en los momentos que lo necesitamos y por compartir con nosotros buenas e inolvidables experiencias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
OBJETIVOS	21
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 MÁQUINAS ALIMENTADORAS DE PIEZAS A GRANEL EN LA INDUSTRIA	21
1.2 GENERALIDADES DE UNA MÁQUINA ALIMENTADORA DE PIEZAS A GRANEL	22
1.2.2 Tipos de máquinas alimentadoras	23
1.2.2.1 Máquina alimentadora en cascada	23
1.2.2.2 Máquina alimentadora por vibración circular	23
1.2.2.3 Máquina alimentadora centrífuga	24
2. COMPONENTES BÁSICOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA ALIMENTADORA	27
2.1 VIBRADORES INDUSTRIALES	27
2.1.1 Vibradores eléctricos	27
2.1.2 Modelo 9000 Dyna-Mite	27
2.1.3 Solenoide vibrante OAC	28
2.1.4 Modelo 9300	28
2.2 VIBRADORES AIRE/NEUMÁTICOS	29
2.2.1 Modelo BD10	29
2.2.2 Modelo BD10A/M (Carcasa de Aluminio/Carcasa de Hierro Maleable)	30
2.2.3 Modelo SUA10	31
2.3 VIBRADORES HIDRÁULICO.	31
2.3.1 Vibrador externo hidráulico (Netter)	31
2.4 CONTROLADORES DE AMPLITUD	32
2.4.1 Controlador de motor DC modelo 4500E	32
2.4.2 Controlador de unidad individual 6000	33
2.4.3 Controlador de unidad doble 6000	34
2.4.4 Controlador modelo 6400	35
2.5 UNIDADES BASE O SOPORTES DE ALIMENTACIÓN.	36
2.5.1 Unidades de base de ángulo rápido	36
2.5.2 Unidades de base de perfil bajo	37
3. ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS ALIMENTADORAS DE BOTELLAS EXISTENTES	39
4. PARÁMETROS BÁSICOS	42
5. DISEÑO CONCEPTUAL	46

6. DISEÑO FUNCIONAL	47
6.1 MÉTODO PARA LA SOLUCIÓN MULTICRITERIO SCORING	50
6.2 Cálculo de score para cada alternativa	54
6.3 LA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS EN LA ACTUALIDAD	60
7. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS	61
8. DISEÑO DETALLADO	62
8.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y ACOPLAMIENTO DE LAS BOTELLAS	62
8.1.1 Cálculos para la elaboración del sistema de alimentación y acoplamiento	62
8.1.2 Cálculo de soldadura del sistema de acoplamiento	69
8.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO DE LAS BOTELLAS	73
8.2.1 Cálculo del aire para el posicionamiento de las botellas	73
8.2.2 Selección de racores de aire	80
8.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN	81
8.3.1 Cálculo de flejes	81
8.3.2 Diseño del sistema de sujeción	88
8.3.3 Cálculo de tornillos de sujeción de los anillos	88
8.3.4 Cálculo del tornillo de sujeción del cuenco	98
8.3.5 Cálculo de tornillos de sujeción de los electromagnetos	103
8.3.6 Cálculo de pernos de sujeción de los flejes	107
8.3.7 Selección de arandelas de sujeción	117
8.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIDAD Y SOPORTE	118
8.4.1 Cálculo del sistema de estabilidad y soporte	118
8.4.2 Cálculo de soldadura del sistema de estabilidad y soporte	136
8.4.3 Selección de material para la base de la máquina	140
8.4.4 Selección de material para el soporte de la máquina	141
8.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	142
8.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN	143
9. MANUALES	145
9.1 MANUAL DE ENSAMBLE	145
9.2 MANUAL DE OPERACIÓN	169
9.2.1 Condiciones ambientales	175
9.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	176
10. ANÁLISIS DE COSTOS	183
11. CONCLUSIONES	187
12. RECOMENDACIONES	189
BIBLIOGRAFIA	190
ANEXOS	192

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Diagnóstico de los aspectos de una máquina alimentadora	41
Cuadro 2. Velocidad de operación	42
Cuadro 3. Especificaciones iniciales de diseño	47
Cuadro 4. Matriz morfológica	49
Cuadro 5. Ponderación de criterios	50
Cuadro 6. Matriz de satisfacción para la máquina alimentadora	52
Cuadro 7. Matriz de satisfacción para el sistema de alimentación y acoplamiento	52
Cuadro 8. Matriz de satisfacción para el sistema de vibración	53
Cuadro 9. Matriz de satisfacción para el sistema de control	53
Cuadro 10. Matriz de satisfacción para el sistema de amortiguación	54
Cuadro 11. Cálculo de score para la máquina alimentadora	55
Cuadro 12. Cálculo de score para el sistema de alimentación y acoplamiento	56
Cuadro 13. Cálculo de score para el sistema de vibración	57
Cuadro 14. Cálculo de score para el sistema de control	58
Cuadro 15. Cálculo de score para el sistema de amortiguación	59
Cuadro 16. Requerimientos para el diseño de la máquina	61
Cuadro 17. Propiedades mecánicas: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006	70
Cuadro 18. Especificaciones técnicas de la máquina	170
Cuadro 19. Condiciones ambientales	175
Cuadro 20. Verificación e inspección de los componentes de la máquina	178
Cuadro 21. Listado de fallas de la máquina	179
Cuadro 22. Costos de ingeniería	184
Cuadro 23. Costos de fabricación	184
Cuadro 24. Costos de materiales.	185
Cuadro 25. Costos totales de diseño y construcción	186

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Tipos de cuencos o sistemas de alimentación	25
Tabla 2. Detalles de los consumibles	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Alimentador de cascada	23
Figura 2. Alimentador vibratorio circular	24
Figura 3. Alimentador centrífugo	25
Figura 4. Vibrador modelo 9000	27
Figura 5. Solenoide vibrante OAC	28
Figura 6. Vibrador modelo 9300	29
Figura 7. Vibrador modelo BD10	30
Figura 8. Vibrador modelo BD10A/M	30
Figura 9. Vibrador modelo BD10A/M	31
Figura 10. Vibrador hidráulico serie Netter	32
Figura 11. Controlador modelo 4500E	33
Figura 12. Controlador individual 6000	34
Figura 13. Controlador doble 6000	35
Figura 14. Controlador modelo 6400	36
Figura 15. Base de ángulo rápido	37
Figura 16. Base de perfil bajo	38
Figura 17. Máquina alimentadora de botellas ERLI	39
Figura 18. Máquina alimentadora RNA	40
Figura 19. Máquina alimentadora de tapas Hoosier Feeder Company	40
Figura 20. Cuenco de alimentación de pared recta	43
Figura 21. Nivel de piezas correcto	44
Figura 22. Esquema de la botella	45
Figura 23. Diseño conceptual de la máquina	46
Figura 24. Caja negra de funciones	47
Figura 25. Sistema de alimentación y acoplamiento de las botellas	62
Figura 26. Diagrama de cuerpo libre de la botella	63
Figura 27. Propiedades del polipropileno	64
Figura 28. Radios r_1 y r_2 del sistema de alimentación	68
Figura 29. Soldadura base del cuenco	69
Figura 30. Primer posicionamiento	73
Figura 31. Área transversal de la boquilla de la botella	74
Figura 32. Segundo posicionamiento	76
Figura 33. Área transversal de la base de la botella	76
Figura 34. Área transversal del cuerpo de la botella	79
Figura 35. Racor	80
Figura 36. Grupo de flejes	81
Figura 37. Fuerza ejercida en el grupo de flejes	82
Figura 38. Diagrama de cuerpo libre del fleje	83
Figura 39. Diagrama de fuerzas en A	84
Figura 40. Perfil del fleje	86
Figura 41. Propiedades mecánicas AISI 5160	87
Figura 42. Sujeción de los anillos 1,2 y 3	88

Figura 43. Propiedades Mecánicas de los tornillos según UNE EN ISO 898-1	89
Figura 44. Límites de dimensiones de la rosca métrica del tornillo M16	90
Figura 45. Diámetros de la rosca del tornillo	90
Figura 46. Propiedades Mecánicas de los tornillos según UNE EN ISO 898-1	95
Figura 47. Acero de los tornillos según UNE EN ISO 898-1	97
Figura 48. Propiedades del tornillo	98
Figura 49. Sujeción del cuenco	98
Figura 50. Límites de dimensiones de la rosca métrica M12	99
Figura 51. Características del tornillo	102
Figura 52. Sujeción de los electromagnetos	103
Figura 53. Límites de dimensiones de la rosca métrica	104
Figura 54. Características del tornillo	107
Figura 55. Conjunto de flejes	108
Figura 56. Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero	109
Figura 57. Especificaciones ASTM para pernos de acero	110
Figura 58. Propiedades mecánicas de los flejes (Acero AISI 5160)	110
Figura 59. Propiedades mecánicas del anillo 1 (ALSI 12 CU)	111
Figura 60. Conjunto de flejes	111
Figura 61. Ancho del fleje	115
Figura 62. Arandela de presión	117
Figura 63. Diámetros de arandelas de presión	117
Figura 64. Estructura soporte	118
Figura 65. Propiedades físicas del cuenco	119
Figura 66. Perfil estructural	121
Figura 67. Características del perfil estructural	121
Figura 68. Valores aproximados del factor de longitud efectiva	121
Figura 69. Propiedades mecánicas del Acero A500	123
Figura 70. Vista lateral 1	125
Figura 71. Vista lateral 2	126
Figura 72. Medidas de la lámina vista superior	126
Figura 73. Diagrama de la vista superior de la máquina	127
Figura 74. Diagrama de cuerpo libre viga AB (empotramientos)	128
Figura 75. Diagrama de cuerpo libre viga AB (Reacciones)	128
Figura 76. Momentos de empotramiento para piezas de $I = CTE$	129
Figura 77. Diagrama de cuerpo libre viga CD (empotramientos)	130
Figura 78. Diagrama de cuerpo libre viga CD (Reacciones)	130
Figura 79. Deflexión máxima de la viga CD	131
Figura 80. Diagrama de fuerza cortante y momento flector	132
Figura 81. Módulo elástico acero A500	133
Figura 82. Espesor de lámina estructural acero A36	134
Figura 83. Propiedades del acero A500	134
Figura 84. Material de la lámina ASTM A36	135
Figura 85. Uniones soldadas de la estructura	136
Figura 86. Factor geométrico	137
Figura 87. Tamaños mínimos de cordón para placas gruesas	139

Figura 88. Propiedades del electrodo AWS E7018-1	140
Figura 89. Base de máquina	140
Figura 90. Soportes de la máquina	141
Figura 91. Dureza shore del neopreno	142
Figura 92. controlador individual	143
Figura 93. Datos técnicos del vibrador eléctrico o electromagneto	144
Figura 94. Máquina alimentadora de botellas	145
Figura 95. Soldaduras parte baja de la estructura	146
Figura 96. Soldaduras parte alta de la estructura	147
Figura 97. Posición de los tornillos y patas de goma	147
Figura 98. Base en equilibrio	148
Figura 99. Espaciador	148
Figura 100. Correcta ubicación de los flejes	149
Figura 101. Correcta ubicación de los flejes (vista superior)	149
Figura 102. Anillo 1 (Vista superior)	150
Figura 103. Anillo 1 (Vista lateral)	151
Figura 104. Anillo 2 (Vista superior)	151
Figura 105. Anillo 2 (Alzado)	152
Figura 106. Anillo 3 (Alzado)	152
Figura 107. Correcta posición de los anillos	153
Figura 108. Sujeción de los anillos	153
Figura 109. Ensamble parcial de la base	154
Figura 110. Vista detalle de la posición del electro magneto	154
Figura 111. Vista superior (posición electro magnetos)	155
Figura 112. Vista alzada (posición electro magnetos)	155
Figura 113. Vista lateral (Sujeción final electro magnetos)	156
Figura 114. Soldadura lamina exterior del cuenco	157
Figura 115. Soldadura base del cuenco	158
Figura 116. Soldadura lamina de la pista 1	159
Figura 117. Soldadura lamina de la pista 2	159
Figura 118. Soldadura pista interior del cuenco	160
Figura 119. Soldadura pista interior del cuenco 1	161
Figura 120. Soldadura pista interior del cuenco 2	162
Figura 121. Soldadura pista exterior del cuenco 1	163
Figura 122. Soldadura pista exterior del cuenco 2	163
Figura 123. Soldadura de recirculación de la botella 8	164
Figura 124. Sujeción del tornillo del cuenco	165
Figura 125. Ensamble parcial de la sujeción del cuenco	165
Figura 126. Primer posicionamiento de aire de la botella	166
Figura 127. Segundo posicionamiento de aire de la botella	167
Figura 128. Posición del controlador	168
Figura 129. Máquina alimentadora de botellas	169
Figura 130. Ilustración del encendido de la máquina	171
Figura 131. Controlador individual	172
Figura 132. Primer posicionamiento de la botella (Incorrecto)	173

Figura 133. Primer posicionamiento de la botella (Correcto)	173
Figura 134. Segundo posicionamiento de la botella (Correcto)	174
Figura 135. Segundo posicionamiento de la botella (Incorrecto)	174

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo de la ponderación lineal scoring	54
Ecuación 2. Máxima amplitud de la vibración	64
Ecuación 3. Aceleración normal de la pista sin dimensiones	65
Ecuación 4. Deslizamiento hacia adelante de la botella	65
Ecuación 5. Tangente del ángulo de vibración de la pista	66
Ecuación 6. Reacción normal entre la botella y la pista	66
Ecuación 7. Relación para que la botella abandone la pista	67
Ecuación 8. Relación para que la botella abandone la pista	67
Ecuación 9. Tangente del ángulo de vibración de la base del cuenco	68
Ecuación 10. Esfuerzo a compresión de la soldadura	70
Ecuación 11. Comprobación de esfuerzo a compresión	71
Ecuación 12. Área de un rectángulo	74
Ecuación 13. Fuerza gravitacional y peso	75
Ecuación 14. Magnitud de presión	75
Ecuación 15. Área de un círculo	77
Ecuación 16. Esfuerzo cortante	86
Ecuación 17. Factor de seguridad	87
Ecuación 18. Precarga parcial	89
Ecuación 19. Carga de prueba	89
Ecuación 20. Longitud de la cuerda	91
Ecuación 21. Longitud del vástago	91
Ecuación 22. Longitud de la cuerda	91
Ecuación 23. Rigidez del tornillo	92
Ecuación 24. Rigidez del material	92
Ecuación 25. Factor de rigidez	93
Ecuación 26. Porción de carga aplicada al tornillo	93
Ecuación 27. Porción de carga aplicada al material	94
Ecuación 28. Carga en el tornillo	94
Ecuación 29. Carga en el material	94
Ecuación 30. Esfuerzo de tensión del tornillo	95
Ecuación 31. Par de ajuste	96
Ecuación 32. Carga Mayorada	119
Ecuación 33. Resistencia de diseño para elementos sometidos a compresión	120
Ecuación 34. Relación de esbeltez para elementos sometidos a compresión	122
Ecuación 35. Módulo de elasticidad	123
Ecuación 36. Arriostamiento	123
Ecuación 37. Esfuerzo crítico del perfil	124
Ecuación 38. Resistencia de diseño 1	124
Ecuación 39. Carga por Flexión	136
Ecuación 40. Cortante vertical directo	136
Ecuación 41. Lado requerido para el cordón	139

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Catalogo electromagnetos	193
Anexo B Parámetros del electromagneto	197
Anexo C Catalogo soldadura TIG	199
Anexo D Catalogo perfil estructural	201
Anexo E Catalogo soldadura estructural	204
Anexo F Norma ISO 898-1	206
Anexo G Catálogo de material de tornillos	209
Anexo H Catálogo de roscas de tornillos	211
Anexo I Catalogo Pernos	213
Anexo J Propiedades del material de la base	214
Anexo K Catálogo de arandelas de sujeción	215
Anexo L Cotización alimentador vibratorio	217
Anexo M Cotización de tornillos	218
Anexo N Cotización de tuercas	219
Anexo O Cotización arandelas de presión	221
Anexo P Cotización de racores	222
Anexo Q Diagrama Velocidad, deflexión y isulación	223
Anexo R Listado de planos	224

RESUMEN

Para el proyecto se inició con la recopilación de información consultando con los fabricantes de alimentadores y posicionadores del mercado, luego determinar los aspectos más importantes para el funcionamiento de una máquina alimentadora de botellas.

Teniendo los parámetros y conceptos de un sistema de posicionamiento de las botellas, se selecciona el mejor sistema de alimentación que determinará el buen desempeño de la máquina. Posteriormente, se realiza el diseño detallado del sistema de posicionamiento y acoplamiento de las botellas, logrando un resultado apropiado para su futuro funcionamiento.

Posterior a esto, se desarrolla el manual de ensamble, operación y mantenimiento para la máquina, en donde en el segundo manual respectivamente se describen las condiciones ambientales que se presentarían en caso de construcción de la máquina.

Después se realizan los planos de ensamble y de cada una de las partes fundamentales con la ayuda del software Solid Edge 2019, por último, se finaliza con el análisis de costos para el diseño del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Diseño, máquina, alimentación de botellas, posicionamiento, botellas.

INTRODUCCIÓN

El origen de este proyecto surge de la necesidad de automatizar el proceso de suministro de botellas para el módulo didáctico de envasado de un laboratorio de automatización, debido a que su uso es manual, este proyecto favorece al módulo reduciendo las labores manuales, y por consiguiente se verá beneficiado el desempeño de la maquina en el proceso de transporte, envasado y sellado de las botellas.

Por lo que realizarlo es de gran importancia para dar a conocer a los estudiantes de manera didáctica lo que es en realidad un proceso industrial, el cual les dará una visión más amplia de lo que conlleva el desarrollo del mismo. Además de esto, se beneficia el suministro de las botellas, eliminando el manejo manual y proporcionando la cantidad necesaria de las mismas a la línea de envasado del módulo ya existente de manera controlada.

El alcance y la limitación de este proyecto están enmarcados en que el diseño más versátil de esta máquina será para ocupar el espacio disponible en la estructura ya establecida, de un metro cuadrado (1m^2). Además, se considera que el impacto ambiental no estará ligado al proyecto debido a que no está constituido en ninguno de los objetivos, sin embargo, las condiciones ambientales van a ser descritas en los manuales de operación de la máquina. No obstante, para este proyecto no se realizarán prototipos ni simulaciones tanto estructurales como de la máquina.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una máquina alimentadora de botellas para la línea de envasado de un laboratorio de automatización.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diagnosticar los aspectos de una máquina alimentadora de botellas.
2. Parametrizar y conceptualizar el sistema de posicionamiento de las botellas.
3. Evaluar y seleccionar cual es el sistema de alimentación que tiene mejor beneficio en el proceso de envasado.
4. Diseñar el sistema de posicionamiento y acoplamiento de las botellas.
5. Realizar un diseño de la máquina alimentadora de botellas.
6. Elaborar el manual de operación y mantenimiento.
7. Realizar los planos de la máquina.
8. Analizar el costo para el diseño de la máquina alimentadora automática de botellas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MÁQUINAS ALIMENTADORAS DE PIEZAS A GRANEL EN LA INDUSTRIA¹

Durante el auge de la implementación de las máquinas alimentadoras, han tenido como principal característica un diseño duradero y simple. En los Estados Unidos, Mario Thomas Sgriccia recibió una patente para ellos en 1950 de una de estas máquinas, sin embargo, consumía grandes cantidades de energía y producía montones de material dispares. Aquella máquina, se usó consistentemente desde entonces hasta la década de 1960, principalmente en la minería.

En los años 60, los ingenieros mejoraron el modelo original de Sgriccia, introduciendo una máquina alimentadora vibratoria por medio de un electromagneto. Este tipo de alimentador era más eficiente energéticamente, más liviano y producía un procesamiento mucho más uniforme. Sin embargo, era bastante ruidoso y no tan duradero como el modelo anterior.

Aproximadamente, durante los últimos 50 años, los ingenieros y fabricantes han trabajado para mejorar la máquina alimentadora. Gracias a cambios como las cajas de sonido opcionales y los materiales más duraderos, buscando que sean más relevantes que nunca.

En las operaciones de alimentación, posicionamiento y suministro es necesario tener una estación por separado que tiene como función asegurar el suministro de material. La empresa (GMS) se caracteriza en el desarrollo y fabricación de sistemas para orientación y posicionamiento de todo tipo de piezas, asegurando que dichas operaciones se lleven a cabo con excelencia, además de superar el objetivo de cada cliente con las más altas exigencias a nivel de acabados, documentación, y un departamento dedicado específicamente en el servicio de postventa.

GMS se presenta como “la alternativa del mercado que ofrece soluciones estandarizadas para el posicionamiento de piezas. Aplicando mentalidad industrial en un campo artesanal”, según palabras de su gerente Javier Sánchez.

Esta empresa, determina la técnica más adecuada para orientar y posicionar la pieza en función de su material, medidas, producción, posición de salida, cambios de formato y la adapta a la necesidad de la aplicación y del sector, considerando las peticiones de cada cliente.

¹ LA VANGUARDIA. La alternativa a los sistemas convencionales de alimentación de piezas [sitio web]. Barcelona: LA VANGUARDIA [Consulta: 28 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/monograficos/industria-40-maquinaria/la-alternativa-los-sistemas-convencionales-de-alimentacion-de>

Han fabricado soluciones para posicionadores de alta cadencia, y para aplicaciones que requieren producciones muy altas; sistemas flexibles que integran alimentación, permitiendo alimentar distintas piezas en un mismo equipo sin realizar ajustes mecánicos; posicionadores de botellas de pequeño formato; soluciones para alimentación de cápsulas de café; sistemas para el posicionamiento de piezas pesadas, etc.

1.2 GENERALIDADES DE UNA MÁQUINA ALIMENTADORA DE PIEZAS A GRANEL

- **Sistema de alimentación.** Es el encargado de seleccionar, orientar y posicionar las piezas para facilitar su manejo y montaje. Estos sistemas reciben piezas a granel que le dan una posición necesaria y proveen al siguiente paso del proceso de producción, teniendo en cuenta la frecuencia y ritmo necesario².

El proceso de alimentación resulta de la combinación de varias técnicas específicas:

- La fuerza motriz en que se basan los equipos utilizados, para imprimir a las piezas una trayectoria de avance.
 - La selección, posicionamiento y rechazo de las piezas en su trayectoria de avance, con vistas a asegurar un flujo final de éstas, siempre en igual posición.
 - La configuración y tratamiento de las superficies de deslizamiento por donde deben avanzar las piezas, en base a su geometría, a sus exigencias de asepsia, etc.
- **Sistema de posicionamiento.** “Su eficiencia se mide por ahorro en mano de obra, higiene en el manejo de piezas y continuidad en la línea de suministro, lo que permite convertir la velocidad nominal de la misma en velocidad real, todo de forma automática y sin necesidad de personal.
Se utiliza principalmente para evitar los altos costos de tener una sopladora en la línea, es decir, para poder comprar las botellas a un proveedor externo”³.
- **Características principales de un buen sistema de posicionamiento**
- ✓ Versatilidad: Para poder adaptarse a piezas de diferentes formas, tamaños y materiales en la misma máquina.
 - ✓ Cambio rápido de formato: Esto minimiza los tiempos de parada, con un cambio sin herramientas y fácil de hacer por el personal no cualificado.
 - ✓ Sencillez de diseño: Se reducen las tareas de mantenimiento y el recambio de

² SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN [en línea]. TAD BOWL FEEDERS. Barcelona. [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: <https://tad.es/sistemas-de-alimentacion/>

³ POSIMAT. Posicionadores para botellas de plástico vacías. En: POSIMAT. [sitio web]. Barcelona: POSIMAT. [Consulta: 30 septiembre 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.posimat.com/images/apartados/empresa/UNSCRAMBLERS_ES.pdf

- piezas.
- ✓ Expulsión automática de la mayor parte de piezas defectuosas: Evitando paros innecesarios en la producción.
 - ✓ Suavidad en el manejo: Así se garantiza una excelente calidad en las piezas a suministrar.
 - ✓ Sin supervisión directa: Reduciendo costos de personal.

1.2.2 Tipos de máquinas alimentadoras

1.2.2.1 Máquina alimentadora en cascada. Son un complemento de la alimentación electromagnética que, por su volumen, acabados superficiales, agresividad, etc. sobrepasan los límites aceptables en su tratamiento mediante alimentadores vibratorios⁴. Estos alimentadores (ver figura 1), se usan especialmente para alimentar: tubos, varillas, casquillos, ejes, rótulas, bulones, tornillería, entre otras piezas.

Figura 1. Alimentador de cascada



Fuente: TAD BOWL FEEDERS. [sitio web].
Barcelona: TAD BOWL FEEDERS,
Alimentadores de lamas. [Consulta: 10 febrero
2019]. Disponible en:
[<https://tad.es/alimentadores-de-lamas/>

1.2.2.2 Máquina alimentadora por vibración circular. Regulan la entrada de material y permiten llevar el producto hasta otro destino de una manera sincronizada.

Están compuestos por un vibrador circular y un cuenco (ver figura 2). El vibrador es electromagnético y, se encarga de impulsar las piezas, tanto en las unidades de autonomía como lo son vibradores lineales o cintas transportadoras y, en las de enlace-pulmón que se caracterizan por ser de tolvas vibratorias o elevadores. Este

⁴ TAD BOWL FEEDERS. [sitio web]. Barcelona: TAD BOWL FEEDERS, Alimentadores de lamas. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: [<https://tad.es/alimentadores-de-lamas/>

tipo de alimentador también consiste en un conjunto de dos masas unidas elásticamente, las cuales poseen una frecuencia natural que se transforma en una serie de oscilaciones, según una curva de resonancia⁵.

Figura 2. Alimentador vibratorio circular



Fuente: UNIDADES DE POSICIONAMIENTO Alimentadores vibratorios y vibradores circulares. [en línea]. TAD BOWL FEEDERS. Barcelona [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://tad.es/alimentadores-vibratorios-circulares/>

1.2.2.3 Máquina alimentadora centrífuga⁶. Estos tienen la misma función que los alimentadores vibratorios circulares, la diferencia es que estos utilizan un motor eléctrico trifásico para establecer la fuerza motriz mediante una serie de engranajes, encargados de transmitir la fuerza rotacional a un elemento en específico como lo es el cuenco, el cual selecciona y orienta las piezas a granel. La figura 3 ilustra un alimentador mecánico centrífugo.

El principio de funcionamiento se basa en el accionamiento de un disco giratorio plano o cónico. Las piezas giran con el disco y debido a la fuerza centrífuga, se desplazan hacia la periferia del cuenco donde se disponen los selectores adecuados para cada caso con el fin de dejar pasar, únicamente, las piezas que presentan la posición determinada para su evacuación.

⁵ UNIDADES DE POSICIONAMIENTO Alimentadores vibratorios y vibradores circulares. [en línea]. TAD BOWL FEEDERS. Barcelona [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://tad.es/alimentadores-vibratorios-circulares/>

⁶ TAD BOWL FEEDERS. [sitio web]. Barcelona: TAD BOWL FEEDERS, Unidades de posicionamiento alimentadores mecánicos y centrífugos. [consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://tad.es/alimentadores-mecanicos-centrifugos/>

Figura 3. Alimentador centrífugo






Fuente: TAD BOWL FEEDERS. [sitio web]. Barcelona: TAD BOWL FEEDERS, Unidades de posicionamiento alimentadores mecánicos y centrífugos. [consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://tad.es/alimentadores-mecanicos-centrifugos/>

1.3 TIPOS DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

El tipo de alimentadores se pueden clasificar por la forma del cuenco o sistema de alimentación de la siguiente manera;

Tabla 1. Tipos de cuencos o sistemas de alimentación

CUENCO	MATERIAL	ADECUADO PARA
	Aluminio/Acero/ Acero inoxidable	Transporte continuo de componentes y para el manejo de piezas pequeñas.
	Aluminio/Acero inoxidable	Componentes pesados de bordes afilados. Cargas más grande Pre-separación automática.
	Aluminio/Acero inoxidable	Cargas más grandes y componentes más grandes. Ver también 'Cuenco cónico'.

Fuente: elaboración propia con base en, RHEIN-NADEL AUTOMATION. [sitio web]. Birmingham: RHEIN-NADEL AUTOMATION, what is a bowl feeder. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.rnaautomation.com/company/faqs/#bowltype>

- **Cuenco cilíndrico.** Proporcionan una alimentación constante, principalmente de piezas pequeñas, la desventaja de este tipo de cuenco es que tiene una capacidad limitada para algunas aplicaciones.
 - **Cuenco cónico.** Se encarga de proporcionar una gran capacidad, aumentando su radio y ayudando a la separación de las piezas.
 - **Tazón escalonado.** Estos, tienen un ancho de vía de alimentación mayor y son particularmente adecuados para orientar los componentes.
-
- ✓ Tienen mayor capacidad que un cuenco cilíndrico.
 - ✓ No se atascan en las pistas.
 - ✓ Todos los cuencos escalonados son de aluminio fundido.

2.1.3 Solenoide vibrante OAC⁹. Los vibradores de la serie OAC son solenoides con forma de núcleo UI (ver figura 5) y dos devanados de excitación conectados en serie. Están instalados en sistema masa-resorte. Los solenoides vibrantes son infinitamente ajustables por la tensión de operación.

Alcanzan la potencia de transporte total inmediatamente después de la activación, y no hay efectos de arranque y parada problemáticos de las unidades de desequilibrio.

Figura 5. Solenoide vibrante OAC



Fuente: KENDRION. En: KENDRION. [sitio web]. Donaueschingen: Kendrion. Oscillating line electromagnetic vibrating systems. [Consulta 10 febrero 2019]. Archive pdf. Disponible en: <https://www.kendrion.com/attachment/IMS/ims-Kendrion-vibrating-solenoids-Oscillating-Line-en.pdf>

2.1.4 Modelo 9300¹⁰. Es un vibrador de contenedor electromagnético de 9 1/2 libras adecuado para uso en tolvas, pistas o contenedores (ver figura 7). La bobina está encapsulada para ser protegida contra líquidos, polvo y daños mecánicos. El vibrador requiere un controlador electrónico como el Modelo 6000, configurado para operación en corriente continua (CC) que produce 3600 RPM. El consumo de energía es de aproximadamente 225 vatios.

⁹ KENDRION. En: KENDRION. [sitio web]. Donaueschingen: Kendrion. Oscillating line electromagnetic vibrating systems. [Consulta 10 febrero 2019]. Archive pdf. Disponible en: <https://www.kendrion.com/attachment/IMS/ims-Kendrion-vibrating-solenoids-Oscillating-Line-en.pdf>

¹⁰ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC, Model 9300. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/electric-vibrators>

Figura 6. Vibrador modelo 9300



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC, Model 9300. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/electric-vibrators>

2.2 VIBRADORES AIRE/NEUMÁTICOS¹¹

Producen vibraciones no direccionales. Es mejor utilizarlo para evitar que las piezas se atasquen y mantener los materiales que fluyen en equipos tales como conductos y/o tolvas. Se utilizan principalmente para aplicaciones asistidas por gravedad. No debe ser utilizado como un transportador.

2.2.1 Modelo BD10¹². Es un vibrador de aire potente pero silencioso. Tiene una turbina especialmente diseñada que produce vibraciones a una frecuencia que varía con el caudal de aire (ver figura 7). Esta unidad sellada es excelente para uso en ambientes sucios donde el polvo y los líquidos hacen que otros tipos no sean prácticos.

¹¹ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Air / Pneumatic Industrial Vibrators. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

¹² AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Model BD10A aluminum housing. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

Figura 7. Vibrador modelo BD10



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web].
Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC.
Model BD10 A/M. [Consulta: 10 febrero 2019].
Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

2.2.2 Modelo BD10A/M (Carcasa de Aluminio/Carcasa de Hierro Maleable)¹³.
Es un vibrador de aire tipo bola de montaje doble diseñado para producir una vibración de luz a media (ver figura 8).

Figura 8. Vibrador modelo BD10A/M

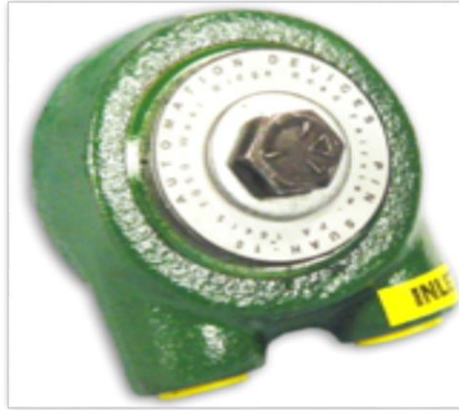


Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web].
Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC.
Model BD10 A/M. [Consulta: 10 febrero 2019].
Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

¹³ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Model BD10 A/M. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

2.2.3 Modelo SUAH10¹⁴. Es un vibrador de aire tipo bola sellado. Es una selección para inmersión en líquidos fríos o calientes. El montaje de un solo perno simplifica la instalación. Este modelo se ilustra en la figura 9.

Figura 9. Vibrador modelo BD10A/M



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Model BD10 A/M. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

2.3 VIBRADORES HIDRÁULICOS

2.3.1 Vibrador externo hidráulico (Netter)¹⁵. Los vibradores externos hidráulicos de la serie Netter (ver figura 10) CV, CC, CCV y DV son especialmente adecuados para descargar vagones de rieles y tolvas a granel. Una característica especial de los vibradores CC / CCV es el rápido reposicionamiento manual.

¹⁴ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Model SUAH10 Vibrators. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/air-pneumatic-vibrators>

¹⁵ NETTER VIBRATION. Netter Hydraulic External Vibrators. En: NETTER VIBRATION DE ALEMANIA. [sitio web]. Maguncia: NETTER VIBRATION. [Consulta: 10 febrero 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://hidroteka.lt/wp-content/uploads/2016/07/PR-CC-30EN.pdf>

Figura 10. Vibrador hidráulico serie Netter



Fuente: Netter Hydraulic External Vibrators [en línea]. Netter Vibration. Magucia. [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: <http://hidroteka.lt/wp-content/uploads/2016/07/PR-CC-30EN>.

2.4 CONTROLADORES DE AMPLITUD

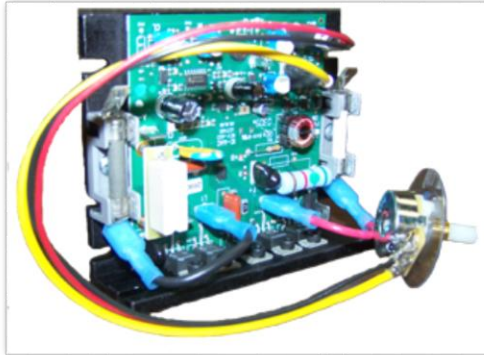
Sin un controlador de amplitud del alimentador vibratorio, las unidades funcionarían a su velocidad máxima. Para la mayoría de las aplicaciones de alimentación vibratoria, se requiere un controlador variable para compensar los cambios en las tasas de ciclo de la máquina¹⁶.

2.4.1 Controlador de motor DC modelo 4500E¹⁷. Están diseñados para controlar motores de imán permanente, como los alimentadores centrífugos centrados y los rodillos de orientación. La figura 11 ilustra de manera más clara el modelo del controlador.

¹⁶ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controladores de amplitud del alimentador vibratorio. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

¹⁷ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador de motor DC modelo 4500E. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

Figura 11. Controlador modelo 4500E



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador de motor DC modelo 4500E. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

Los controladores de amplitud de la serie 6000 se utilizan para variar la amplitud de la vibración en alimentadores vibratorios, alimentadores lineales, vibradores industriales eléctricos y dispositivos similares¹⁸.

2.4.2 Controlador de unidad individual 6000¹⁹. Con entradas sensoriales que se usan para controlar un tazón de alimentación vibratorio o unidad base (ver figura 12).

¹⁸ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controladores serie 6000. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

¹⁹ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Modelos 6000.1 y 6000.2 Controladores de amplitud. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/models-60001-60002-vibratory-feeder-amplitude-controllers>

Figura 12. Controlador individual 6000



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controladores serie 6000. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

2.4.3 Controlador de unidad doble 6000²⁰. Con entradas de sensores que se utilizan para controlar un tazón de alimentación vibratorio o unidad base y un alimentador en línea o tolva vibratoria (ver figura 13). Trabaja a 120VAC

²⁰ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador de unidad doble 6000. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/models-60001-60002-vibratory-feeder-amplitude-controllers>

Figura 13. Controlador doble 6000



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador de unidad doble 6000. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/models-60001-60002-vibratory-feeder-amplitude-controllers>

2.4.4 Controlador modelo 6400²¹. Cuenta con una pantalla digital (ver figura 14). El voltaje de entrada para el modelo 6400.1 es 120VAC, 50/60 Hz, mientras que la salida está fusionada para 15 amps. Mide la vibración del alimentador y regula la salida en consecuencia.

²¹ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador serie 6400. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

Figura 14. Controlador modelo 6400



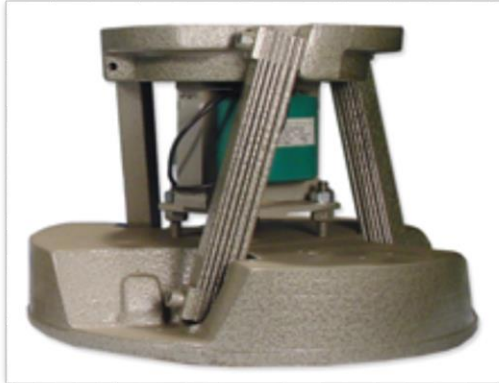
Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Controlador serie 6400. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-amplitude-controllers>

2.5 UNIDADES BASE O SOPORTES DE ALIMENTACIÓN

2.5.1 Unidades de base de ángulo rápido²². Para un movimiento más rápido y más lineal, este tipo de unidad de base de alimentador vibratorio proporciona una vibración "más suave" debido a su naturaleza lineal. La figura 15 muestra de manera clara el modelo de la unidad.

²² AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Unidades de base de ángulo rápido. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-system-base-units-and-feeder-stands>

Figura 15. Base de ángulo rápido



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Unidades de base de ángulo rápido. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-system-base-units-and-feeder-stands>

2.5.2 Unidades de base de perfil bajo²³. Satisfacen la necesidad de aplicaciones de alimentación de piezas que sean de tamaño moderado, pero demandan unidades base potentes para impulsar tazones fabricados con herramientas externas y mantener la estabilidad a medida que cambian las piezas (ver figura 16).

²³ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Unidades de base de perfil bajo. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-system-base-units-and-feeder-stands>

Figura 16. Base de perfil bajo



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Unidades de base de perfil bajo. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-system-base-units-and-feeder-stands>

3. ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS ALIMENTADORAS DE BOTELLAS EXISTENTES

En la actualidad existen diversas empresas que se dedican al diseño y fabricación de equipos automáticos para la alimentación de botellas de plástico. Algunos ejemplos son: RNA, ERLI, Hoosier Feeder Company, Automation Devices.

Máquina alimentadora de botellas ERLI:

- Mesa rotativa de alimentación, con posicionadores ajustables para el manejo de los envases. La figura 17 muestra una máquina con dichas características.
- Fabricada en acero al carbón y acero inoxidable.
- Diferentes tamaños de mesa.
- Equipadas opcionalmente con la rotación de regulador de velocidad.

Figura 17. Máquina alimentadora de botellas ERLI



Fuente: ERLI. Mesas Rotativas. São Paulo. Disponible en: <http://erli.com.br/mesas-rotativas/>

Máquina alimentadora de RNA:

- Alimentación por vibración, con elementos de posicionamiento según el componente a orientar (ver figura 18).
- Pueden estar hechos de cualquier tipo de material, incluyendo acero inoxidable, aluminio, poliamida con diferentes recubrimientos.
- Los tamaños van desde 69 mm de diámetro hasta 1200 mm de diámetro.

Figura 18. Máquina alimentadora RNA



Fuente: RNA. Bowl Feeders. Birmingham. Disponible en: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/bowl-feeders/>

Máquina alimentadora Hoosier Feeder Company:

- Alimentador centrífugo.
- Produce altas velocidades de avance que aumentan la productividad.
- De 250mm a 1524mm de diámetro
- Amplia gama de industrias, desde envasado de alta velocidad hasta automatización de inspección, impresión y etiquetado, una máquina similar se ilustra en la figura 19.

Figura 19. Maquina alimentadora de tapas Hoosier Feeder Company



Fuente: Hoosier Feeder Company. Modular Centrifugal Feeder Systems. Knightstown. Disponible en: <http://www.hoosierfeedercompany.com/modular-centrifugal-feeder>

Cuadro 1. Diagnóstico de los aspectos de una máquina alimentadora

MÁQUINA ALIMENTADORA	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN O ACOPLAMIENTO	SISTEMA DE VIBRACIÓN	SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN
En cascada	N/A	Hidráulico	Unidad individual	Ángulo rápido
	Es de tipo lineal	Eléctricos	Unidad doble	Perfil bajo con una geometría diferente
Industriales				
Vibración circular	Cuenca cilíndrico	Hidráulico	Unidad individual	Ángulo rápido
	Cuenca cónico	Eléctricos		Base cuadrada
	Cuenca de tazón escalonado	Industriales	Unidad doble	Perfil bajo
Centrifuga	Cuenca de tazón escalonado	N/A	Motor DC	N/A
		Se utiliza un motor eléctrico		

Fuente: elaboración propia

4. PARÁMETROS BÁSICOS

- **Frecuencia.** Según la resolución No.024 (26 abr. 2005) Artículo 1. de la CREG²⁴, se determina que la frecuencia estándar en Colombia es de 60 Hz, por lo cual es a la frecuencia que se tiene en cuenta para la selección de los equipos y/o aparatos eléctricos del proyecto.

Sin embargo, otro aspecto a tener en cuenta, es que la maquina será trabajada como una instalación doméstica, debido a que su voltaje es de 110 voltios de corriente alterna a 60 hercios (110V AC, 60Hz)²⁵. Este tipo de instalación se escogió, debido a que la cantidad de tiempo que dura en operación la máquina no es de nivel industrial, en donde se requiere un voltaje de 220 voltios de corriente alterna a 60 hercios (220V AC, 60Hz)²⁶.

Los conectores eléctricos o enchufes que serán utilizados, son los de clavijas tipo A/B, debido a que son los conectores estandarizados en Colombia.

- **Velocidad de operación del vibrador industrial.** Debido a que el vibrador será el encargado de generar los movimientos oscilatorios lineales y direccionales, generando el transporte de las botellas por la pista del cuenco, se tiene en cuenta que la frecuencia de trabajo es de 60 Hz y con base al cuadro 2, se determina la velocidad (RPM)

Cuadro 2. Velocidad de operación

Half wave operation 50 Hz - operation 3000 min-1	Oscillation frequency is equal to the mains frequency, only one half-wave is controlled Example: Mains frequency 50Hz \triangleq 3000 min-1 Mains frequency 60 Hz \triangleq 3600 min-1
Full wave operation 100 Hz - operation 6000 min-1	Oscillation frequency is double the mains frequency, both mains half-waves are controlled Example: Mains frequency 50Hz \triangleq 6000 min-1 Mains frequency 60 Hz \triangleq 7200 min-1

Fuente: elaboración propia con base en Technical terms for oscillation drive [en línea]. Technical definitions. Kendrion. Alemania [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: https://www.kendrion.com/attachment/IMS/Electromagnets_technical-explanations_Kendrion_EN.pdf

Se puede apreciar que la operación de onda completa 100 Hz – funcionamiento a 6000 RPM la frecuencia de oscilación es el doble de la frecuencia de la red, la cual es de 60 Hz a 7200 RPM, esta cantidad de RPM es la adecuada para aplicaciones que requieren una vibración suave, evitando que las piezas se atasquen.

²⁴ COLOMBIA. LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. RESOLUCIÓN No.024. (26, abril, 2005) Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. En: Diario Oficial. Mayo, 2005. Nro.45904. p.1-10.

²⁵ Medidas y electricidad. Energía eléctrica doméstica. [en línea]. Colombia Travel. Bogotá [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: <http://www.colombia.travel/es/informacion-practica/medidas-y-electricidad>

²⁶ Medidas y electricidad. Instalaciones industriales. [en línea]. Colombia Travel. Bogotá [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: <http://www.colombia.travel/es/informacion-practica/medidas-y-electricidad>

- **Tipo de material**²⁷. Los cuencos vibratorios de acero inoxidable fabricados representan casi el 80% de los tazones de herramientas producidos. Se pueden fabricar en todos los tamaños desde 3" (7,6 cm) a 36" (91,4 cm) y calibres de acero surtidos.
 - ✓ El acero inoxidable extiende el desgaste en aplicaciones abrasivas, reduciendo los costos de mantenimiento y reparación.
 - ✓ Los cuencos de alimentación vibratoria de pared recta están fabricados con acero inoxidable calibre 12 o 16 n. ° 304 en tazones de 12 pulgadas de diámetro y más pequeños y con calibre 10 o 12 en tazones grandes.
 - ✓ Las pistas del cuenco estándar constan de 1 1/2 revoluciones.
 - ✓ Todos los alimentadores de piezas de acero inoxidable estándar tienen un acabado cepillado.

- **Velocidad de entrega de las botellas.** Esta velocidad dependerá de la velocidad de la banda transportadora, debido a que no se conoce la velocidad de la misma, por ende, el controlador, al iniciar la operación de la máquina, será el encargado de sincronizar la alimentación de las botellas de tal manera que la botella y la banda logren la misma velocidad de avance, evitando caídas repentinas y/o retrasos en el proceso de llenado. El tipo de cuenco ilustrado en la figura 20 tiene las características aptas para operar según lo mencionado anteriormente.

Figura 20. Cuenco de alimentación de pared recta

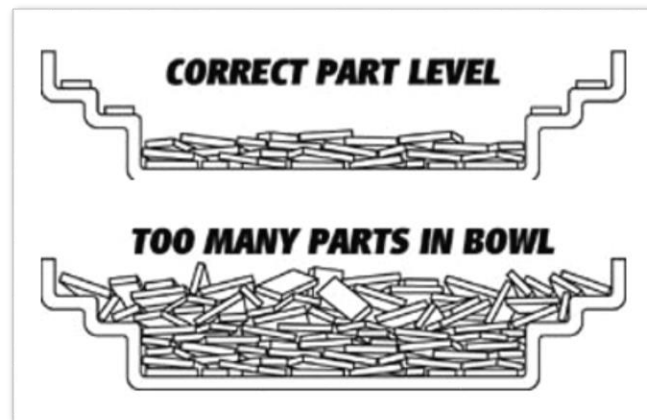


Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Alimentador vibratorio de acero inoxidable. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/stainless-steel-vibratory-feeder-bowls>

²⁷ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Alimentador vibratorio de acero inoxidable. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/stainless-steel-vibratory-feeder-bowls>

- **Capacidad volumétrica del sistema de alimentación y acoplamiento.** Esta capacidad será de 30 botellas, sin sobrepasar el primer nivel de la pista del cuenco, que será el nivel correcto para que el transporte de las botellas se realice de una manera más eficiente. La figura 21, sin ser un cuenco cilíndrico, indica el máximo nivel de las botellas.

Figura 21. Nivel de piezas correcto



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web].
 Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC.
 Alimentador vibratorio de acero inoxidable. [Consulta:
 10 febrero 2019]. Disponible en:
<https://www.autodev.com/stainless-steel-vibratory-feeder-bowls>

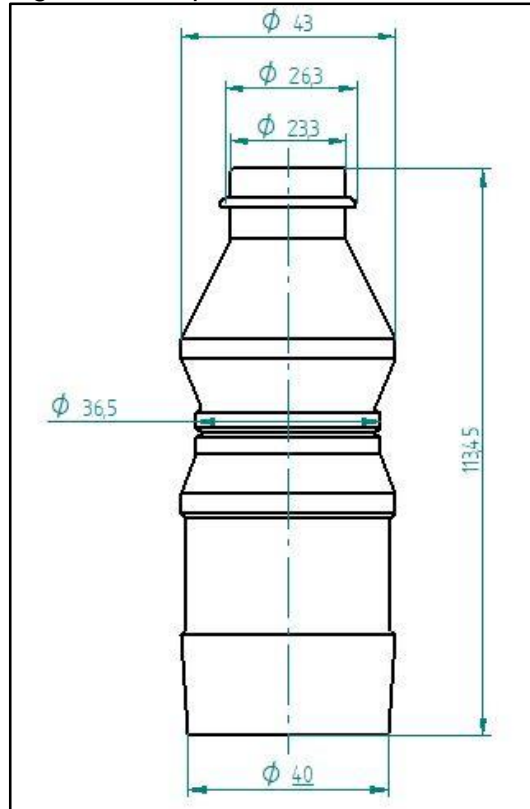
- **Racores de aire.** Los racores de aire son piezas plásticas o metálicas que tienen como función permitir la conducción del fluido a través de la unión de la manguera con el cuerpo de la válvula, para asegurar la presión de ingeniería del sistema.²⁸ Por lo que es necesario emplearlos en los posicionamientos de aire de la máquina.
- **Soportes de la máquina.** Los soportes que llevará la máquina deben tener las propiedades mecánicas que atenúen la vibración que ésta ejercerá cada vez que se ponga en marcha. Además de resistir el peso que actuará sobre los mismos estando inactiva.

Para la selección del tipo de material de la base se tienen en cuenta ciertos parámetros como el peso y la resistencia a las constantes vibraciones. La selección de este material se realiza en el inciso 8.4.3 donde se especifica el material y sus propiedades.

²⁸ SUMATEC. [sitio web]. Bogotá: SUMATEC. Racores y mangueras, la unión para conducir fluidos. [consulta:10 de febrero 2019]: Disponible en: <https://sumatec.co/racores-mangueras-la-union-conducir-fluidos/>

- **Dimensiones de la botella**²⁹. La figura 22 muestra el diagrama de la botella y sus cotas generales.

Figura 22. Esquema de la botella



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Estas medias serán parámetros clave para el desarrollo del diseño del cuenco.

- Peso neto de la botella es de 10g.
- El volumen de la botella es de 120 ml.
- El material de la botella es PP (Polipropileno)

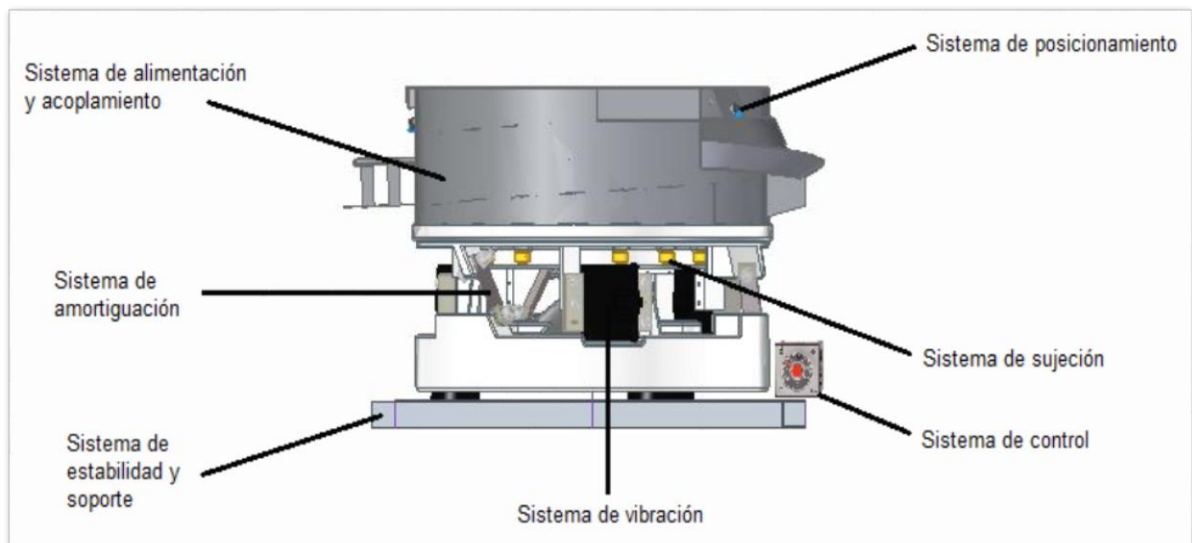
²⁹ Las dimensiones de la botella están dadas en milímetros (mm)

5. DISEÑO CONCEPTUAL

En la figura 23, se ilustra el diseño conceptual de la máquina alimentadora de botellas, el cual se conforma de 6 sistemas explicados a continuación.

- **Sistema de alimentación o acoplamiento:** En este sistema es donde las botellas se almacenarán y transportarán por la pista, la cual está situada en la periferia del cuenco.
- **Sistema de amortiguación:** Este sistema es el encargado de transmitir las oscilaciones emitidas por el vibrador industrial, generando un movimiento centrífugo al sistema de alimentación para lograr el transporte de las botellas.
- **Sistema de estabilidad y soporte:** Se encarga de soportar la máquina, atenuar las vibraciones y equilibrarla, para asegurar la estabilidad de la misma.
- **Sistema de posicionamiento:** Encargado de posicionar las botellas y/o posicionarlas de tal manera que logren la posición vertical adecuada.
- **Sistema de sujeción:** Encargado de sujetar el sistema de alimentación o acoplamiento, asegurando que al momento de entrar en funcionamiento no sufra desajustes y posibles contratiempos durante su operación.
- **Sistema de control:** Este sistema consta de un controlador, el cual tiene como función manipular la frecuencia de vibración a la cual se quiere hacer oscilar la máquina.
- **Sistema de vibración:** Se encarga de emitir las vibraciones por medio de los vibradores industriales para generar el movimiento centrífugo de las botellas.

Figura 23. Diseño conceptual de la máquina



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

6. DISEÑO FUNCIONAL

Teniendo en cuenta que, en la Universidad América en el laboratorio de automatización, el módulo de envasado no cuenta con un posicionamiento de botellas, debido a que éstas se están posicionando de manera manual, lo cual conlleva a un bajo rendimiento en el proceso de envasado.

A continuación, se realiza una tabla de especificaciones para su posterior diseño, donde se comparará y seleccionará la alternativa más adecuada por medio del método de Scoring.

Cuadro 3. Especificaciones iniciales de diseño

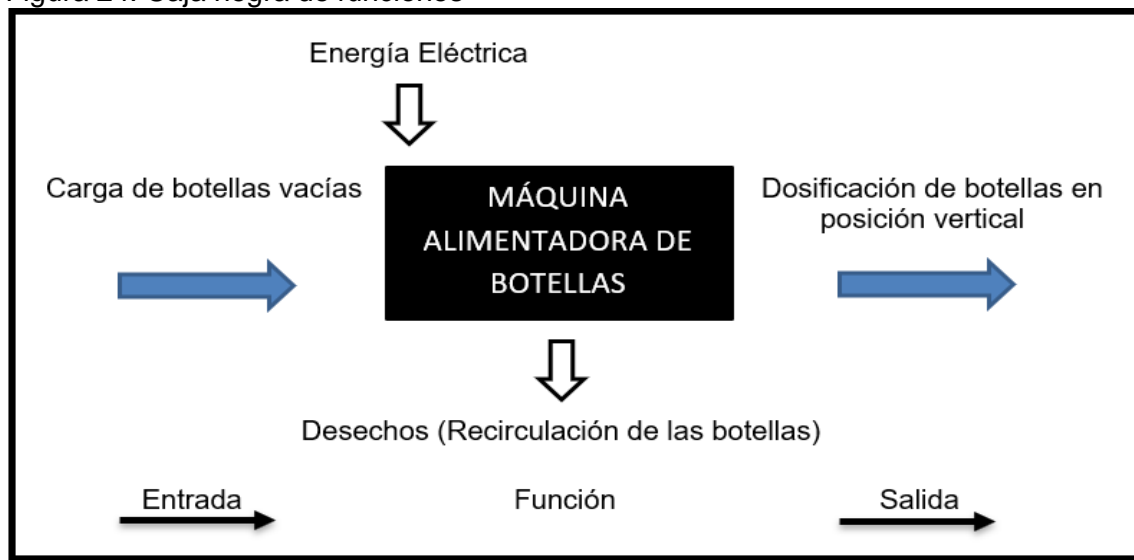
ESPECIFICACIONES INICIALES			
CONCEPTO	C/I	R	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	C	R	Posicionar y dosificar las botellas de manera eficiente durante el proceso.
OPERACIONES NECESARIAS	I	R	Alimentar el cuenco vibratorio de manera manual.
	I	R	Posicionar las botellas con el fin de que lleguen a la línea de envasado en posición vertical para su posterior llenado.
	I	R	Suministrar las botellas a la banda transportadora.

Fuente: elaboración propia

Donde, C: Cliente; I: Ingeniero; R: Requerido

A continuación, se verá el diseño funcional de la maquina alimentadora de botellas según las especificaciones iniciales dadas anteriormente (ver figura 24), las cuales se cumplirán y regirán el funcionamiento y calidad del sistema.

Figura 24. Caja negra de funciones



Fuente: elaboración propia

El proceso inicia de la siguiente manera:








- La máquina será accionada con la ayuda del usuario que ingresará las botellas al azar dentro del cuenco vibratorio y con energía eléctrica traducida en un electro magneto, que posteriormente realizará el posicionamiento y dosificado de las botellas.
- Inicialmente la maquina realizará el posicionamiento por medio de vibración y aire a presión a través de etapas multinivel a lo largo del proceso, en donde se estimará un tiempo aproximado de dosificación a la banda transportadora de 15 botellas/min, sin embargo, éste puede variar debido a la velocidad de la banda.
- En el transcurso del ciclo de operación, el usuario se asegurará que la carga completa en el cuenco vibratorio pase a la fase de envasado de las botellas.

El proceso finaliza con:

- Finalizado el ciclo de posicionamiento y dosificado de las botellas, seguirá el envasado de las mismas.
- Durante el proceso de posicionamiento de las botellas, se rechazan las que no estén en la posición correcta, haciéndolas recircular hasta que alcance la posición deseada, siendo esta de manera vertical y cumpliéndose al ser acentuada por dos chorros de aire continuos en el último tramo de la pista externa del sistema de alimentación y acoplamiento.

En el cuadro número 4 se puede observar cuales son las alternativas de selección

Cuadro 4. Matriz morfológica

Alternativa \ Función	Alternativa 1 (Ri1)	Alternativa 2 (Ri2)	Alternativa 3 (Ri3)
Máquinas alimentadoras (A)	 Alimentador vibratorio circular	 Alimentador centrífugo	 Alimentador de cascada
Sistema de alimentación y acoplamiento (B)	 Cuenco cilíndrico	 Cuenco cónico	 Cuenco escalonado
Sistema de vibración (C)+J37:N43	 Vibrador eléctrico	 Vibrador neumático	 Vibrador hidráulico
Sistema de control (D)	 Controlador Modelo 4500E	 Controlador Modelo 6000	 Controlador Modelo 6400
Sistema de amortiguación (E)	 Base cuadrada	 Base de ángulo rápido	 Base de perfil bajo

Fuente: elaboración propia

6.1 MÉTODO PARA LA SOLUCIÓN MULTICRITERIO SCORING.

Meta. Organizar y posicionar botellas de 120 ml, una detrás de otra en posición vertical, de manera rápida y sencilla con ayuda de una maquina alimentadora de botellas.

Alternativas. Se plantean 3 alternativas de posible y conveniente funcionamiento de la máquina, se escogerá la alternativa que tenga más beneficio económico y de satisfacción para la operación de la misma.

Criterios. Espacio, versatilidad de uso, puntos de control de posición, uso de sistemas neumáticos, capacidad, construcción sencilla, método de posicionamiento de botellas.

- **Asignación de una ponderación**

1 = Importante 2 = Importancia media 3 = Muy importante

- **Ponderación para cada criterio**

Cuadro 5. Ponderación de criterios

Criterios	Ponderación W_i
Espacio	3
Versatilidad de Uso	2
Costo	1
Riesgo en seguridad	2
Energía requerida de la máquina	3
Diseño Sencillo	2
Rendimiento	3
Mantenimiento	1

Fuente: elaboración propia

A continuación, se describe cada uno de los criterios con los cuales se determinará la alternativa de solución adecuada para la máquina alimentadora de botellas.

Espacio: Superficie de trabajo delimitada para cada componente de la máquina. (Se le asigna una ponderación $W_i= 3$)

Versatilidad de Uso: Fácil adaptación y rapidez al momento de iniciar la operación, de cada uno de los componentes, buscando que estos cumplan con las necesidades del usuario. (Se le asigna una ponderación $W_i=2$)

Costo: Importante para su posterior financiamiento por la Universidad. Teniendo en cuenta aspectos importantes como alternativa de solución, material, mano de obra, instalación, etc. (Se le asigna una ponderación $W_i=1$)

Riesgo en seguridad: Se tiene en cuenta la seguridad del usuario que intervenga con la máquina, además de evitar que haya operaciones riesgosas que afecten el laboratorio y el proceso como tal. (Se le asigna una ponderación $W_i= 2$)

Energía requerida de la máquina: Para su funcionamiento se tendrá en cuenta la energía que necesita la máquina para realizar el proceso de alimentación, de lo contrario no podrá operar de la manera correcta. (Se le asigna una ponderación $W_i=3$)

Diseño Sencillo: Se hace referencia al proceso de organizar y coordinar ideas para su posterior bosquejo final, en el cual se tendrán en cuenta las características de los elementos que componen la máquina y así optar por una excelente realización de su diseño, transmitiendo la información necesaria para ser entendida en el momento de la fabricación. (Se le asigna una ponderación $W_i=2$)

Rendimiento: Trabajo útil esperado de la máquina, consiguiendo un beneficio para el proceso de alimentación y envasado de las botellas. (Se le asigna una ponderación $W_i= 3$)

Mantenimiento: Facilidad para realizar lubricación, limpieza, inspección periódica y demás ajustes que requiera la máquina y/o todos sus componentes. (Se le asigna una ponderación $W_i=1$)

- **Establecer rating en escala de 8 puntos**

1 = Extra bajo
5 = Medio

2 = Muy bajo
6 = Poco alto

3 = Bajo
7 = Alto

4 = Poco bajo
8 = Muy alto

- **Satisfacción para cada alternativa**

Cuadro 6. Matriz de satisfacción para la máquina alimentadora

Criterios	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	5	5	5
Versatilidad de Uso	3	8	7
Costo	7	1	5
Riesgo en seguridad	5	1	1
Energía requerida de la máquina	8	5	6
Diseño Sencillo	3	6	7
Rendimiento	8	5	6
Mantenimiento	7	6	5

Fuente: elaboración propia

Cuadro 7. Matriz de satisfacción para el sistema de alimentación y acoplamiento

Criterios	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	4	4	4
Versatilidad de Uso	5	4	4
Costo	5	1	5
Riesgo en seguridad	7	1	6
Energía requerida de la máquina	7	4	3
Diseño Sencillo	4	6	7
Rendimiento	7	5	6
Mantenimiento	5	4	3

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8. Matriz de satisfacción para el sistema de vibración

Criterios	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	3
Versatilidad de Uso	5	4	4
Costo	5	1	5
Riesgo en seguridad	7	1	6
Energía requerida de la máquina	8	5	4
Diseño Sencillo	3	6	7
Rendimiento	6	5	6
Mantenimiento	5	4	3

Fuente: elaboración propia

Cuadro 9. Matriz de satisfacción para el sistema de control

Criterios	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	5
Versatilidad de Uso	3	8	7
Costo	5	7	5
Riesgo en seguridad	1	1	1
Energía requerida de la máquina	5	8	6
Diseño Sencillo	2	3	3
Rendimiento	5	6	5
Mantenimiento	4	6	3

Fuente: elaboración propia

Cuadro 10. Matriz de satisfacción para el sistema de amortiguación

Criterios	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	3
Versatilidad de Uso	4	6	4
Costo	5	4	3
Riesgo en seguridad	6	6	6
Energía requerida de la máquina	8	8	8
Diseño Sencillo	5	7	5
Rendimiento	6	6	6
Mantenimiento	4	5	4

Fuente: elaboración propia

6.2 Cálculo de score para cada alternativa

Se calcula el score para cada alternativa, con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cálculo de la ponderación lineal scoring

$$S_j = \sum W_i R_{ij}$$

Fuente: BENITEZ, Jesus Alberto. Diagnóstico y propuesta de optimización de un sistema para el tratamiento de aguas residuales producidas en el manejo de residuos sólidos peligrosos [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Valledupar: Universidad Popular del Cesar. Facultad De Ingenierías Y Tecnologías. 2016.[Consultado 10 abril 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/82712923-Universidad-popular-del-cesar-facultad-de-ingenierias-y-tecnologias-programa-de-ingenieria-ambiental-y-sanitaria.html>

Donde:

R_{ij} = Rating de la alternativa en función del criterio i

W_i = Ponderación para cada criterio

S_j = Score para cada alternativa j

Cuadro 11. Cálculo de score para la máquina alimentadora

Criterios	Ponderación W_i	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	5	5	5
Versatilidad de Uso	2	3	8	7
Costo	1	7	1	5
Riesgo en seguridad	2	5	1	1
Energía requerida de la máquina	3	8	5	6
Diseño Sencillo	2	3	6	7
Rendimiento	3	8	5	6
Mantenimiento	1	7	6	5
SCORE $S(j)$		99	82	91

Fuente: elaboración propia

$$S_j = \sum W_i R_{i1}$$

$$S_j = 3(5) + 2(3) + 1(7) + 2(5) + 3(8) + 2(3) + 3(8) + 1(7)$$

$$S_j = 99$$

$$S_j = \sum W_i R_{i2}$$

$$S_j = 3(5) + 2(8) + 1(1) + 2(1) + 3(5) + 2(6) + 3(5) + 1(6)$$

$$S_j = 82$$

$$S_j = \sum W_i R_{i3}$$

$$S_j = 3(5) + 2(7) + 1(5) + 2(1) + 3(6) + 2(7) + 3(6) + 1(5)$$

$$S_j = 91$$

- Siendo R_{i1} (Alimentador vibratorio circular) el resultado con mayor puntaje, se escoge como el sistema de alimentación y almacenamiento de mejor beneficio para el desarrollo de operaciones de la máquina, esto debido al área de trabajo delimitada en un 1m², por su adecuado diseño para el desarrollo del proceso y, con base en información tomada de páginas web de empresas, que al ser comparadas con las demás alternativas es la que más se adapta para la aplicación del proyecto en desarrollo, por sus derivadas características, entre ellas su sincronización, y método de transporte de las botellas.

Cuadro 12. Cálculo de score para el sistema de alimentación y acoplamiento

Criterios	Ponderación W_i	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	4	4	4
Versatilidad de Uso	2	5	4	4
Costo	1	5	1	5
Riesgo en seguridad	2	7	1	6
Energía requerida de la máquina	3	7	4	3
Diseño Sencillo	2	4	6	7
Rendimiento	3	7	5	6
Mantenimiento	1	5	4	3
SCORE $S(j)$		96	66	81

Fuente: elaboración propia

$$S_j = \sum W_i R_{i1}$$

$$S_j = 3(4) + 2(5) + 1(5) + 2(7) + 3(7) + 2(4) + 3(7) + 1(5)$$

$$S_j = 96$$

$$S_j = \sum W_i R_{i2}$$

$$S_j = 3(4) + 2(4) + 1(1) + 2(1) + 3(4) + 2(6) + 3(5) + 1(4)$$

$$S_j = 66$$

$$S_j = \sum W_i R_{i3}$$

$$S_j = 3(4) + 2(4) + 1(5) + 2(6) + 3(3) + 2(7) + 3(6) + 1(3)$$

$$S_j = 81$$

- Siendo R_{i1} (Cuenco cilíndrico) el resultado con mayor puntaje, se escoge teniendo en cuenta que el transporte a realizar será continuo y de partes pequeñas (botellas de 120 ml). Esto se determina por medio del catálogo de la empresa alemana RNA, la cual proporciona la información completa para escoger la mejor alternativa en función de la aplicación, que será en este caso la alimentación de botellas por medio de un cuenco vibratorio cilíndrico.

Cuadro 13. Cálculo de score para el sistema de vibración

Criterios	Ponderación W_i	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	3	3
Versatilidad de Uso	2	5	4	4
Costo	1	5	1	5
Riesgo en seguridad	2	7	1	6
Energía requerida de la máquina	3	8	5	4
Diseño Sencillo	2	3	6	7
Rendimiento	3	6	5	6
Mantenimiento	1	5	4	3
SCORE $S(j)$		91	66	81

Fuente: elaboración propia

$$S_j = \sum W_i R_{i1}$$

$$S_j = 3(3) + 2(5) + 1(5) + 2(7) + 3(8) + 2(3) + 3(6) + 1(5)$$

$$S_j = 91$$

$$S_j = \sum W_i R_{i2}$$

$$S_j = 3(3) + 2(4) + 1(1) + 2(1) + 3(5) + 2(6) + 3(5) + 1(4)$$

$$S_j = 66$$

$$S_j = \sum W_i R_{i3}$$

$$S_j = 3(3) + 2(4) + 1(5) + 2(6) + 3(4) + 2(7) + 3(6) + 1(3)$$

$$S_j = 81$$

- Siendo R_{i1} (Vibrador eléctrico) el resultado con mayor puntaje, debido a que el manejo de frecuencias de este tipo de vibrador son las más adecuadas para el transporte de las botellas por la pista del cuenco vibratorio cilíndrico, comparado con las otras alternativas, este tipo de vibrador no necesita de tolvas y otros dispositivos de alimentación asistida por gravedad, debido a que éstos se encargan de ayudar al movimiento de la gravedad, emitiendo una suave vibración que evita que las piezas se enreden y/ atasquen en el cuenco.

Cuadro 14. Cálculo de score para el sistema de control

Criterios	Ponderación W_i	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	5	3
Versatilidad de Uso	2	3	7	8
Costo	1	5	5	7
Riesgo en seguridad	2	1	1	1
Energía requerida de la máquina	3	5	6	8
Diseño Sencillo	2	2	3	3
Rendimiento	3	5	5	6
Mantenimiento	1	4	3	6
SCORE $S(j)$		60	78	88

Fuente: elaboración propia

$$S_j = \sum W_i R_{i1}$$

$$S_j = 3(3) + 2(3) + 1(5) + 2(1) + 3(5) + 2(2) + 3(5) + 1(4)$$

$$S_j = 60$$

$$S_j = \sum W_i R_{i2}$$

$$S_j = 3(5) + 2(7) + 1(5) + 2(1) + 3(6) + 2(3) + 3(5) + 1(3)$$

$$S_j = 78$$

$$S_j = \sum W_i R_{i3}$$

$$S_j = 3(3) + 2(8) + 1(7) + 2(1) + 3(8) + 2(3) + 3(6) + 1(6)$$

$$S_j = 88$$

- Siendo R_{i3} (Controlador individual) el resultado con mayor puntaje, se escoge debido a que, al comparar las otras alternativas, este controlador se utiliza para variar la amplitud de la vibración en alimentadores vibratorios, en donde éste es el caso.

Cuadro 15. Cálculo de score para el sistema de amortiguación

Criterios	Ponderación W_i	(R_{i1})	(R_{i2})	(R_{i3})
Espacio	3	3	3	3
Versatilidad de Uso	2	4	6	4
Costo	1	5	4	3
Riesgo en seguridad	2	6	6	6
Energía requerida de la máquina	3	8	8	8
Diseño Sencillo	2	5	7	5
Rendimiento	3	6	6	6
Mantenimiento	1	4	5	4
SCORE $S(j)$		90	98	88

Fuente: elaboración propia

$$S_j = \sum W_i R_{i1}$$

$$S_j = 3(3) + 2(4) + 1(5) + 2(6) + 3(8) + 2(5) + 3(6) + 1(4)$$

$$S_j = 90$$

$$S_j = \sum W_i R_{i2}$$

$$S_j = 3(3) + 2(6) + 1(4) + 2(6) + 3(8) + 2(7) + 3(6) + 1(5)$$

$$S_j = 98$$

$$S_j = \sum W_i R_{i3}$$

$$S_j = 3(3) + 2(4) + 1(3) + 2(6) + 3(8) + 2(5) + 3(6) + 1(4)$$

$$S_j = 88$$

- Siendo R_{i2} (Base de ángulo rápido) el resultado con mayor puntaje, se escoge porque el movimiento es más rápido y lineal, comparado con las otras alternativas, además es indicado para la aplicación a trabajar, que es un alimentador vibratorio, donde proporciona una vibración controlada, suave y no necesita de gran potencia debido a que las piezas a transportar son de un tamaño pequeño.

6.3 LA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS EN LA ACTUALIDAD³⁰.

En la actualidad, el proceso de alimentación de botellas es una actividad muy común en diferentes industrias, como son los sectores farmacéuticos, alimentación y bebidas, automoción, cosmética y otros; donde su función principal es automatizar el proceso de manera segura higiénica y de fácil operación.

Este alimentador vibratorio es electromagnético, lo cual hará que, por medio de oscilaciones a determinada frecuencia, las botellas se impulsen alrededor del cuenco y cumplan con el objetivo de ser transportadas en la posición correcta para ser posteriormente intervenidas en el proceso de envasado.

Un factor importante a considerar es el grado de automatización que conlleva el proceso en caso de fabricación de la máquina, teniendo en cuenta que la producción será por lotes de 15 botellas/min como dice Palacios y Salinas³¹, donde cada vez que se quiera llevar a cabo el proceso de manera didáctica, el usuario debe intervenir alimentando manualmente al sistema.

³⁰ VALLE CALDERON, Alberto y GONZÁLES SILVA, Marco Antonio y RODRÍGUEZ MENDIETA, Ricardo David. SISTEMA ALIMENTADOR DE BOTELLAS [en línea]. Trabajo Terminal que para obtener el Título de Ingeniero en Mecatrónica. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12707>

³¹PALACIOS, Jeison Jair y SALINAS, Angie Tatiana. Diseño Y Desarrollo Tecnológico De Un Equipo De Envasado Didáctico Para El Laboratorio De Control De Producción De La Fundación Universidad De América [en línea]. Trabajo de Investigación para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Fundación Universidad De América. Facultad De Ingenierías. Programa De Ingeniería Mecánica. 2018. p. 85. [Consultado: 12 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6916/1/4132706-2018-2-IM.pdf>

7. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS.

En el cuadro 16 se describen las etapas del proceso de alimentación de botellas y se detallan los requerimientos que se deben tener en cuenta para el diseño de la máquina.

Cuadro 16. Requerimientos para el diseño de la máquina

Sistema de alimentación y acoplamiento	Se diseñará el cuenco con el fin de cumplir con el transporte ascendente de las botellas y la resistencia que este debe tener debido a la constante vibración a la que estará sometido.
Sistema de posicionamiento	Teniendo en cuenta la capacidad máxima del alimentador, se diseña el sistema de posicionamiento con el ajuste exacto para el tamaño de la botella.
Sistema de amortiguación	Todos los terminales involucrados en el proceso de alimentación de botellas deben ir soportados en una estructura que les permita funcionar adecuadamente
	Debe tener un diseño simple y ergonómico
	Ser de fabricación sencilla en caso de ser realizada
	Resistente, estable y de larga vida útil

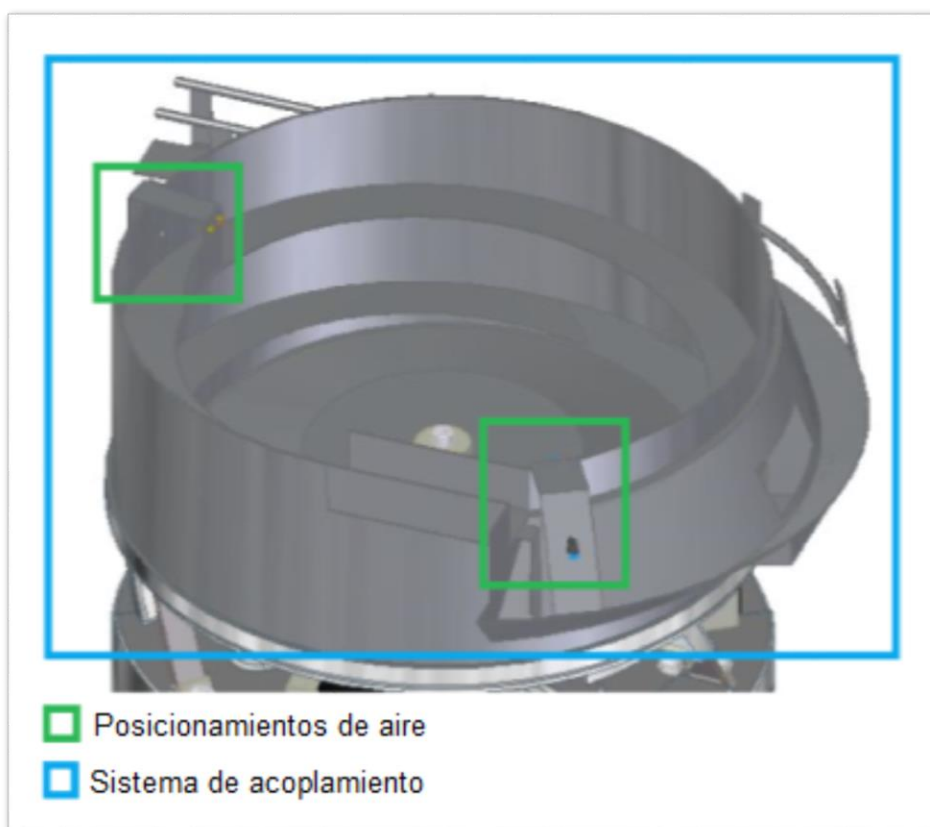
Fuente: elaboración propia

8. DISEÑO DETALLADO

8.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y ACOPLAMIENTO DE LAS BOTELLAS.

8.1.1 Cálculos para la elaboración del sistema de alimentación y acoplamiento. Se realizan los cálculos para el diseño de la pista como lo indica Geoffrey Boothroyd³² donde explica en su libro, el procedimiento a tener en cuenta para que el diseño de la máquina alimentadora se adapte al objeto que se va a posicionar, siendo este, una guía para el diseño de la máquina.

Figura 25. Sistema de alimentación y acoplamiento de las botellas



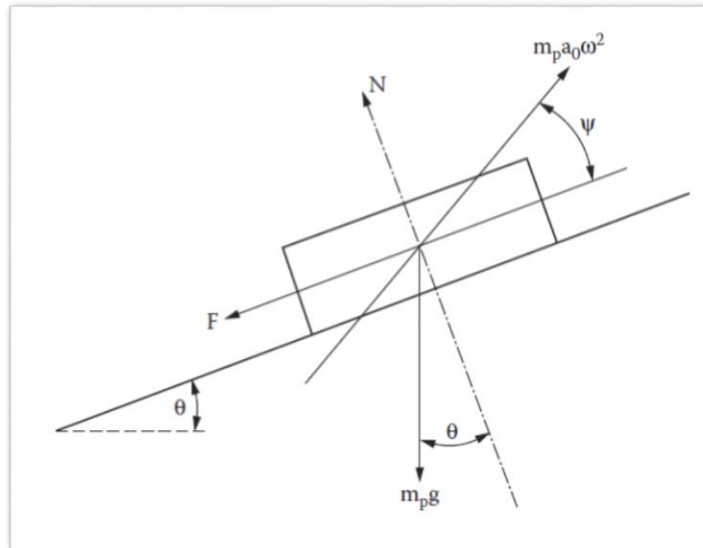
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

En la figura 25, se muestra el sistema de posicionamiento, el cual está conformado por los posicionamientos 1 y 2 mencionados, y el sistema de acoplamiento es el encargado de transportar las botellas y finalmente posicionarlas de manera vertical hasta llegar a la línea de envasado.

³² BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 30p. ISBN: 1-57444-643-6

La Figura 26 ilustran las fuerzas que van actuar sobre la pieza a alimentar en este caso la botella, además las variables de aceleración y vibración necesarias para el diseño de la pista.

Figura 26. Diagrama de cuerpo libre de la botella



Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 30p. ISBN: 1-57444-643-6

Dónde; $m_p = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$

$$\theta = 4^\circ = 0.0698 \text{ rad}$$

$$\varphi_1 = 30^\circ = 0.5236 \text{ rad}$$

$$\mu = 0.4$$

$$a_{o \text{ máx}} = 0.0076 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$w = 2\pi f = 2\pi(60\text{Hz}) = 376.9911 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Siendo: $m_p = \text{Masa de la botella}$

$\theta = \text{Ángulo de inclinación de la pista}$

$\varphi_1 = \text{Ángulo de vibración}$

$\mu = \text{Coeficiente de fricción entre acero inox. y PET}$

$a_{o \text{ máx}} = \text{Máxima amplitud de la vibración}$

$a_g = \text{Aceleración de la gravedad}$

$w = \text{Frecuencia de vibración}$

Figura 27. Propiedades del polipropileno

PROPIEDAD	UNIDAD	NORMA	POLIPROPILENO (PP)
Alargamiento a la rotura	%	DIN 53455	650
Conductividad térmica	W/Km	DIN 52612	0,22
Coefficiente de dilatación térmica de 20°C a 50°C	m/m K		150·10-6
Coefficiente de Fricción			0,4
Densidad	g/cm ²	DIN 53479	0,91
Dureza a la bola	N/mm ²	DIN 53456	
Dureza "Shore"		DIN 53505	D73
Módulo de elasticidad	N/mm ²	DIN 53457	1.300
Punto de fusión	°C	ASTM D789	164
Resistencia Superficial		DIN 53482	5·1013
Resistencia al impacto	KJ/m ²	DIN 53453	10
Resistencia a la tracción	N/mm ²	DIN 53455	33
Temperatura máxima de uso	°C	NORMAL	100
	°C	CON PUNTAS	140
Temperatura mínima de uso	°C		-10

Fuente: PLASTICBAGES INDUSTRIAL, S.L. Características Técnicas Del Polipropileno. En: PLASTICBAGES INDUSTRIAL, S.L. [sitio web]. Barcelona: PLASTICBAGES INDUSTRIAL, S.L. [consulta 15 abril 2019]. Disponible en: <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolipropileno.html>

Se inicia con el cálculo de la amplitud de la vibración de la pista, que es útil, considerando el comportamiento de la botella que se coloca en la pista, cuya amplitud aumenta gradualmente desde cero.

Ecuación 2. Máxima amplitud de la vibración

$$a_o \text{ máx} = \frac{g \cos(\theta)}{w^2 \text{sen}(\varphi_1)}$$

Fuente: H. Ashrafizadeh, S. Ziaei-Rad. A numerical 2D simulation of part motion in vibratory bowl feeders by discrete element method. Isfahan University of Technology, 2013. Isfahan 84156-83111 (IR).

$$a_o \text{ máx} = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} \cos(0.1222)}{(376.9911 \frac{rad}{s})^2 \text{sen}(0.5236)}$$

$$a_o \text{ máx} = 0.0076 \frac{m}{s^2}$$

Posteriormente, se realiza el cálculo de la relación de la aceleración normal de la vía y la aceleración normal debido a la gravedad, teniendo como resultado la aceleración normal adimensional, de la siguiente manera:

Ecuación 3. Aceleración normal de la pista sin dimensiones

$$\frac{A_n}{g_n} = \frac{a_{o\text{ máx}} w^2 \text{sen}(\varphi_1)}{g \cos(\theta)}$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 31p. ISBN: 1-57444-643-6

$$\frac{A_n}{g_n} = \frac{0.0076 \frac{m}{s^2} \left(376.9911 \frac{rad}{s}\right)^2 \text{sen}(0.5236)}{9.81 \frac{m}{s^2} \cos(0.0698)}$$

$$\frac{A_n}{g_n} = 1.0061$$

Luego se determina si se produce el deslizamiento hacia adelante, para que se desplace la botella por la pista, para esto se tiene en cuenta el coeficiente de fricción de la misma y se determina por medio de la ecuación 8.

Ecuación 4. Deslizamiento hacia adelante de la botella

$$\frac{A_n}{g_n} > \frac{\mu_s + \tan(\theta)}{\cot(\varphi_1) + \mu_s}$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 31p. ISBN: 1-57444-643-6

$$1.0061 > \frac{0.4 + \tan(4^\circ)}{\frac{1}{\tan(30^\circ)} + 0.4}$$

$$1.0061 > 0.2204$$

Para valores de $\mu = 0.55$ y $\theta = 4^\circ$, φ debe ser mayor a 13.2231° (0.2349 rad) para que ocurra el transporte hacia adelante, de tal manera que al momento de que ocurra la vibración, la botella abandone la pista.

Ecuación 5. Tangente del ángulo de vibración de la pista

$$\tan \varphi > \frac{\theta}{\mu_s^2}$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE. UU, Taylor & Francis Group, 2005. 31p. ISBN: 1-57444-643-6

$$\tan \varphi > \frac{4^\circ}{0.4^2}$$

$$\tan \varphi > 0.4363$$

Se realiza el cálculo de la fuerza que existe cuando la botella está apoyada sobre la superficie, en donde dicha superficie ejerce una fuerza normal sobre la botella que anula la fuerza de atracción debido a la gravedad.

Ecuación 6. Reacción normal entre la botella y la pista

$$N = m_p g \cos \theta - m_p a_{o \text{ máx}} w^2 \text{sen}(\varphi_1)$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 32p. ISBN: 1-57444-643-6

$$N = \left(0.01 \text{ kg} \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cos(0.0698)\right) - \left(0.01 \text{ kg} \left(0.0076 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \left(376.9911 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 \text{sen}(0.5236)\right)$$

$$N = 0.0981 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} - 0.0987 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$$

$$N = -0.0006N$$

Al obtener que se cumple el desplazamiento hacia adelante de la botella, se realiza el cálculo que indica si la botella se desprende o no de la pista, este resultado confirma que tanto el ángulo de inclinación de la pista como el ángulo de vibración, son los indicados para su diseño.

Ecuación 7. Relación para que la botella abandone la pista

$$\frac{a_{o \text{ máx}} w^2}{g} > \frac{\cos(\theta)}{\text{sen}(\varphi_1)}$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 32p. ISBN: 1-57444-643-6

$$\frac{0.0076 \frac{m}{s^2} \left(376.9911 \frac{rad}{s} \right)^2}{9.81 \frac{m}{s^2}} > \frac{\cos(0.0698)}{\text{sen}(0.5236)}$$

$$110.1049 > 109.428$$

ó

Ecuación 8. Relación para que la botella abandone la pista

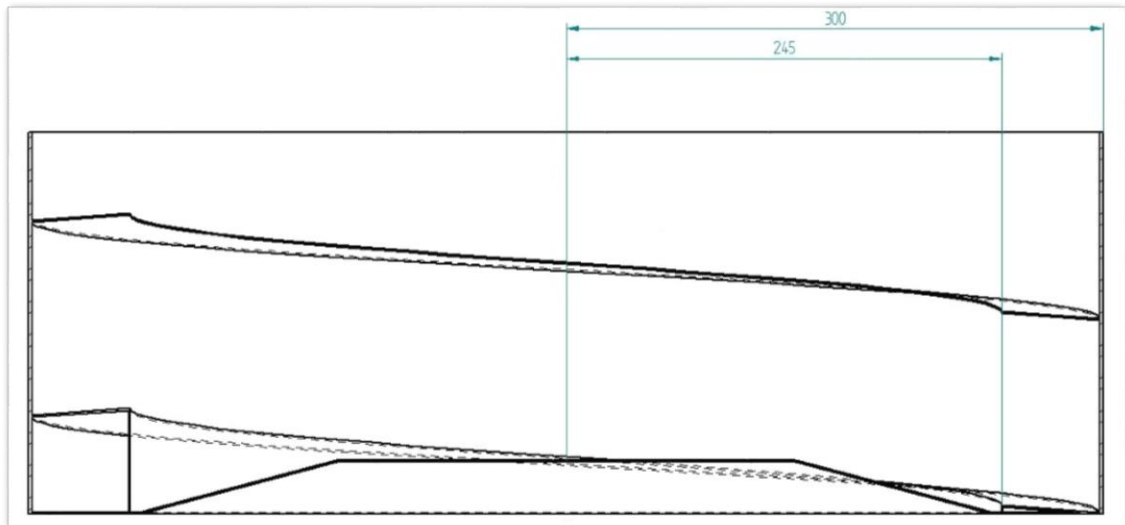
$$\frac{A_n}{g_n} > 1$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 32p. ISBN: 1-57444-643-6

$$1.0061 > 1$$

Luego se calcula el valor del ángulo de vibración de la base del cuenco, debido a que el comportamiento de la botella será diferente en la pista, en la figura 28 se ilustran los radios r1 y r2, siendo 245 mm y 300mm respectivamente.

Figura 28. Radios r1 y r2 del sistema de alimentación



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Ecuación 9. Tangente del ángulo de vibración de la base del cuenco

$$\tan \varphi_2 = \frac{r_1}{r_2} \tan(\varphi_1)$$

Fuente: BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 39p. ISBN: 1-57444-643-6

$$\tan \varphi_2 = \frac{245mm}{300mm} \tan(30^\circ)$$

$$\varphi_2 = \arctan\left(\frac{245mm}{300mm} \tan(30^\circ)\right)$$

$$\varphi_2 = 25.24^\circ$$

De los cálculos realizados anteriormente se determina según el libro *Assembly Automation and Product Design*³³ qué:

Si los resortes de la hoja están inclinados a 60° desde el plano horizontal, el ángulo de vibración en este radio es el complemento del ángulo de inclinación del resorte (30°).

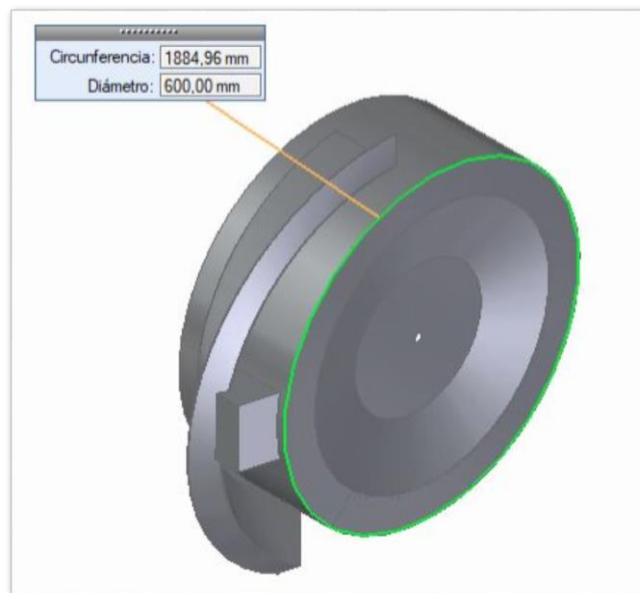
El movimiento vibratorio de un alimentador vibratorio, hace que las partes depositadas aleatoriamente en el fondo del cuenco suban por la pista en el interior de la pared del mismo.

La velocidad de transporte de las botellas en la pista, generalmente se rige por la acción de empuje de las botellas que circulan alrededor del fondo del recipiente.

En el caso habitual de una vibración de 60 Hz, la velocidad de transporte también se muestra como una función del ángulo de vibración ψ y la amplitud vertical de la vibración, es decir, la amplitud normal a la pista horizontal.

8.1.2 Cálculo de soldadura del sistema de acoplamiento. Para la construcción del cuenco se unen las laminas de acero inoxidable 304 (ver paso 6 del manual de ensamble) por medio de soldadura, dichas uniones estarán sometidas a constantes oscilaciones, debido a eso, se toma la unión de la base del cuenco como punto crítico (ver figura 29) por el peso que soporta y las vibraciones que absorbe.

Figura 29. Soldadura base del cuenco



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

³³ BOOTHROYD, Geoffrey. *Assembly Automation and Product Design*. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 39p. ISBN: 1-57444-643-6

Cuadro 17. Propiedades mecánicas: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M:2006

	Resistencia a la cedencia Mpa (ksi)	Resistencia a la tensión Mpa (ksi)	Elongación %	Ferrita número
Requisitos: AWS ER308, ER308L	No especificado			
Resultados de prueba: como se soldó	380(55)	565(82)	42	15

Fuente: elaboración propia con base en PROPIEDADES MECÁNICAS: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006 [en línea]. ALAMBRE PARA ARCO SUMERGIDO (SAW). Cleveland [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible: https://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_StainlessNickelandHighAlloy-Lincolnweld-Lincolnweld308308L/c61024-Lincolnweld308308L_ES-MX.pdf

Datos iniciales:

P : 0.3 Kg

h : 2.4mm

L : 1884.94mm

Con los datos extraídos del cuadro 17, el peso total de las botellas, el espesor de la soldadura y la longitud que estará soldada (Ver figura 29), se procede a hallar el esfuerzo de compresión de la soldadura, donde posteriormente se hace la respectiva comprobación y se obtiene que dicho esfuerzo es menor al factor multiplicado por el esfuerzo del material de aporte que será de 565 Mpa.

Ecuación 10. Esfuerzo a compresión de la soldadura

$$\tau = \frac{F}{hL}$$

BUDYNAS G.; RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 460p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Donde;

F : Carga

h : Garganta de la soldadura

L : Longitud del arco

τ : Esfuerzo de soldadura

$$\tau = \frac{0.3kg(9.81 \frac{m}{s^2})}{2.4mm(1884.94mm)}$$

$$\tau = 6.5055 \times 10^{-4} \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación 11. Comprobación de esfuerzo a compresión

$$\tau \leq 0.6 \sigma_{mat}$$

RINGEGNI, P. Cálculo de uniones Soldadas. Mecanismos y Elementos de Máquinas [en línea]. 6^a edición. La Plata: Universidad Nacional De La Plata, 2013.p 1-21. [consulta: 05 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Uniones%20soldadas%20sexta%20edicion%202013.pdf>

Donde;

σ_{mat} : *Esfuerzo del material de aporte*

$$6.5055 \times 10^{-4} \frac{N}{mm^2} \leq 0.6 (565Mpa)$$

$$6.5055 \times 10^{-4} Mpa \leq 339 Mpa$$

De lo mencionado para el cálculo del esfuerzo de compresión de la soldadura se confirma que no supera el del material de aporte, por lo que se determina que, al ser menor, éste no sufrirá fallas, debido a que necesita ser mayor de 339 Mpa.

Para la realización de este cálculo se escogió principalmente un material de aporte para soldar acero inoxidable

Tabla 2. Detalles de los consumibles

DIÁMETRO (PULGADAS)	DIÁMETRO (MM)	EMPAQUE
1/16	1,6	Tubo de plástico 10Lb (4.5 kg)
3/32	2,4	Tubo de plástico 10Lb (4.5 kg)
1/8	3,2	Tubo de plástico 10Lb (4.5 kg)

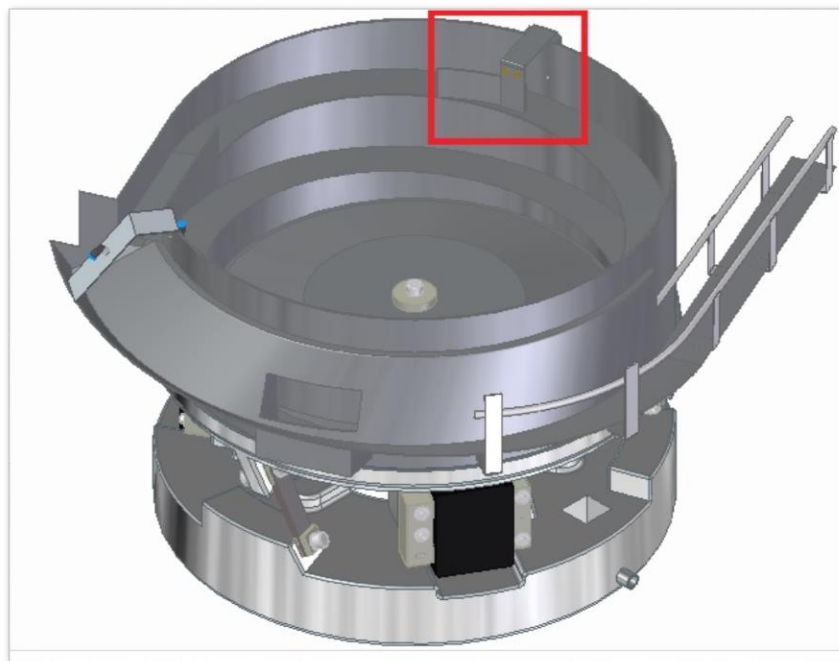
Fuente: elaboración propia con base en LINCON ELECTRIC. [sitio web]. México, D.F.: LINCON ELECTRIC, Detalles consumibles. [consulta: 15 abril 2019]. Disponible en: [https://www.lincolnelectric.com/es-mx/consumables/Pages/product.aspx?product=Products_Consumable_StainlessNickelandHighAlloy-Lincoln-LincolnER308308L\(LincolnElectric\)&detail=ED036060\(LincolnElectric\)&print=true](https://www.lincolnelectric.com/es-mx/consumables/Pages/product.aspx?product=Products_Consumable_StainlessNickelandHighAlloy-Lincoln-LincolnER308308L(LincolnElectric)&detail=ED036060(LincolnElectric)&print=true)

8.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO DE LAS BOTELLAS

Para la construcción del sistema de transporte de las botellas, se emplean dos posicionamientos de aire, los cuales se encargarán de posicionar las botellas a medida que avancen por la pista del cuenco, dando como resultado la posición vertical de las mismas con el fin de ser dosificadas a la línea de envasado.

8.2.1 Cálculo del aire para el posicionamiento de las botellas. Este aire se implementa en los posicionamientos para hacer recircular las botellas hasta que cumplan con la posición adecuada como se ilustra en la figura 30.

Figura 30. Primer posicionamiento

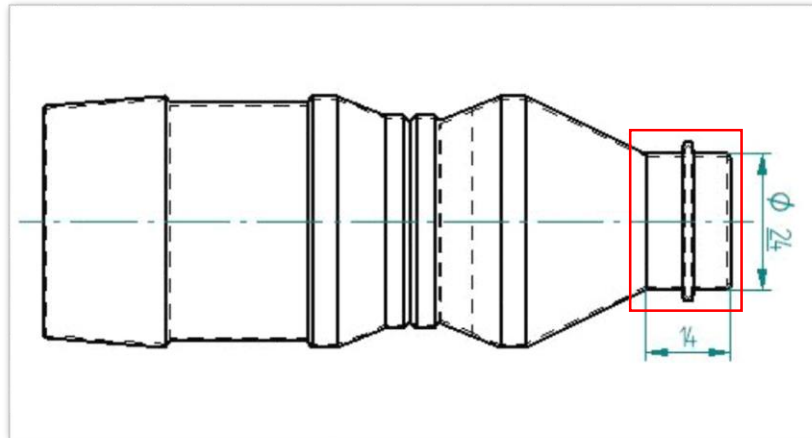


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Primer posicionamiento

Para este cálculo, se necesita conocer la presión de trabajo a la que debe salir el aire (6 Bar), siendo ésta la presión máxima de trabajo en el laboratorio de automatización, en donde cada caso se aplicara una porción de esta presión la cual se aplicara sobre el área transversal de la boquilla de la botella, como lo indica la figura 31.

Figura 31. Área transversal de la boquilla de la botella



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Datos iniciales:

$$m = 10g$$

$$g = 9.81 \frac{m^2}{s}$$

$$Base = b = 0.014 m$$

$$Altura = h = 0.024 m$$

Con los datos establecidos tanto de masa, como dimensionales de la botella, se calcula el área y la fuerza gravitacional de la misma.

Ecuación 12. Área de un rectángulo

$$\text{Área} = b \times h$$

Fuente: BARNETT, Rich. GEOMETRÍA. Traducido por Rafael Morones E., México D.F.: McGraw-Hill Inc, 1991. 195 p. ISBN 968-422-244-0

$$\text{Área} = 0.014m \times 0.024m$$

$$\text{Área} = 0.000336 m^2$$

Ecuación 13. Fuerza gravitacional y peso

$$Fuerza = m \times g$$

Fuente: RAYMON A., Serway. Jewett W., John. Física para ciencias e ingeniería. Traducido por Víctor Campos Olgún, México D.F.: CENGAGE Learning, 2008. 106 p. ISBN: 0-495-11243-7

Donde;

$m =$ masa de la botella

$g =$ gravedad

$$Fuerza = 0.01 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{m^2}{s}$$
$$Fuerza = 0.0981 \text{ N}$$

Con base en la fuerza ejercida debido al peso de la botella y el área transversal de la boquilla, se determina la presión que necesita la botella para ser expulsada de la pista.

Ecuación 14. Magnitud de presión

$$P = \frac{Fuerza}{Área}$$

Fuente: LABORATORIO COSTARRICENSE DE METROLOGÍA. Magnitud de Presión. [sitio web]. San José, Costa Rica. [consultado:10 abril 2019]. Disponible en: <https://www.lacomet.go.cr/index.php/presion/magnitud-de-presion>

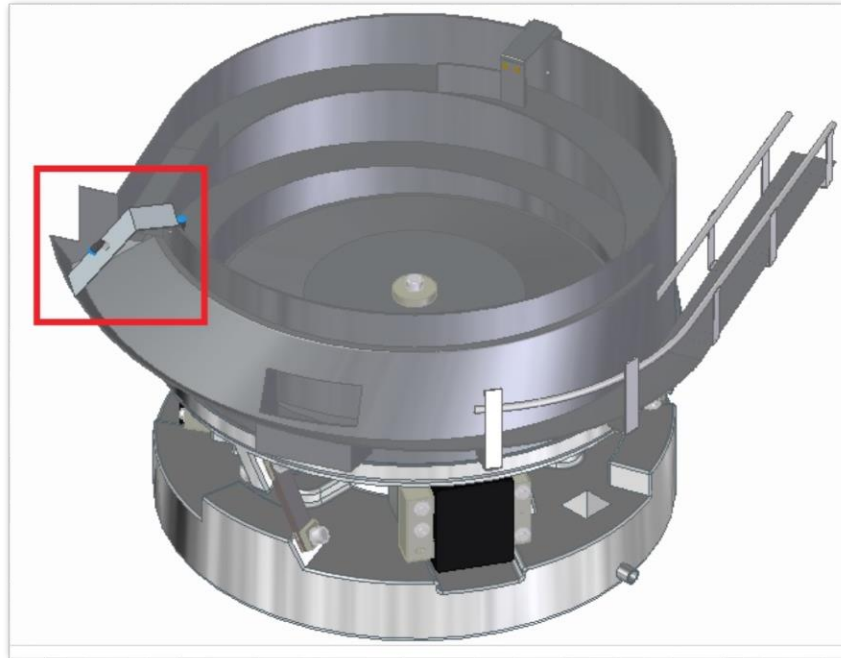
$$P = \frac{0.0981 \text{ N}}{0.000336 \text{ m}^2}$$

$$P = 291.964 \text{ Pa}$$

El dato obtenido, indica que la presión necesaria para que la botella sea expulsada de la pista y vuelva a retomar el ascenso por la misma desde la base del cuenco es de 291.964 Pa, lo cual se cumple para una presión de salida de hasta 6 Bar (60000 Pa).

Segundo posicionamiento

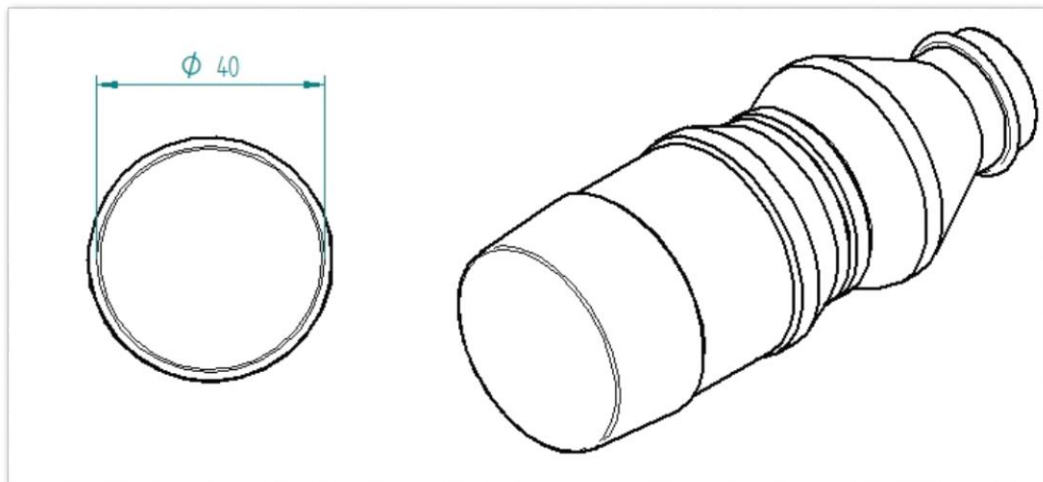
Figura 32. Segundo posicionamiento



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

En este caso (ver figura 32) se necesita el área transversal de la base de la botella como lo indica la figura 33, esto con el fin de calcular la presión que se necesita aplicar para estabilizarla de manera vertical sobre el último tramo de la pista.

Figura 33. Área transversal de la base de la botella



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Datos iniciales:

$$Fuerza = 0.0981 N$$

Teniendo la fuerza ejercida debido al peso de la botella como parámetro inicial, se calcula el área transversal de la misma y posteriormente, se realiza el proceso que se realizó para el primer posicionamiento.

Ecuación 15. Área de un círculo

$$\text{Área} = \pi r^2$$

Fuente: BARNETT, Rich.
GEOMETRÍA. Traducido por Rafael
Morones E., México D.F.: McGraw-Hill
Inc, 1991. p 219. ISBN 968-422-244-0

$$\text{Área} = \pi(0.020m)^2$$

$$\text{Área} = 0.001256 m^2$$

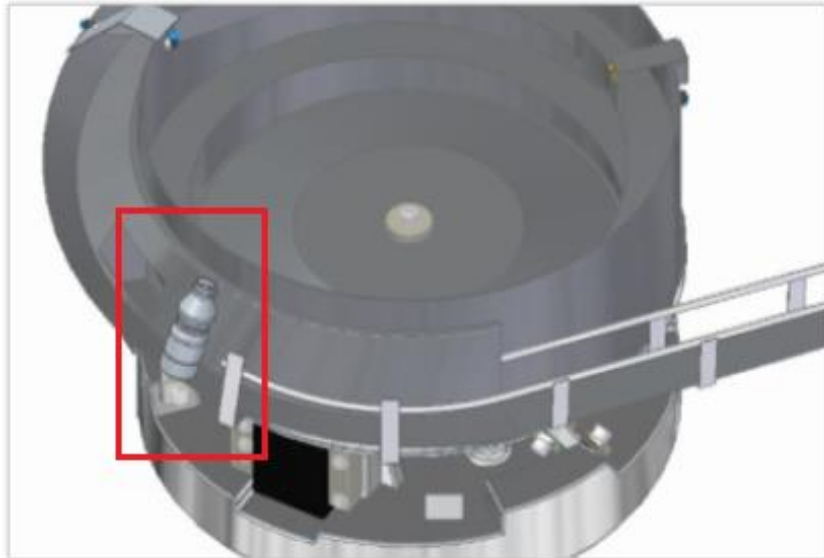
$$P = \frac{Fuerza}{\text{Área}} \text{ (Ec. 4)}$$

$$P = \frac{0.0981 N}{0.001256 m^2}$$

$$P = 78.065 Pa$$

Este resultado indica que 78.065 Pa, es la presión necesaria para estabilizar la botella de manera vertical, como se ilustra en la figura 32. Lo cual se cumple también en este caso para una presión de salida de hasta 6 Bar (600000 Pa).

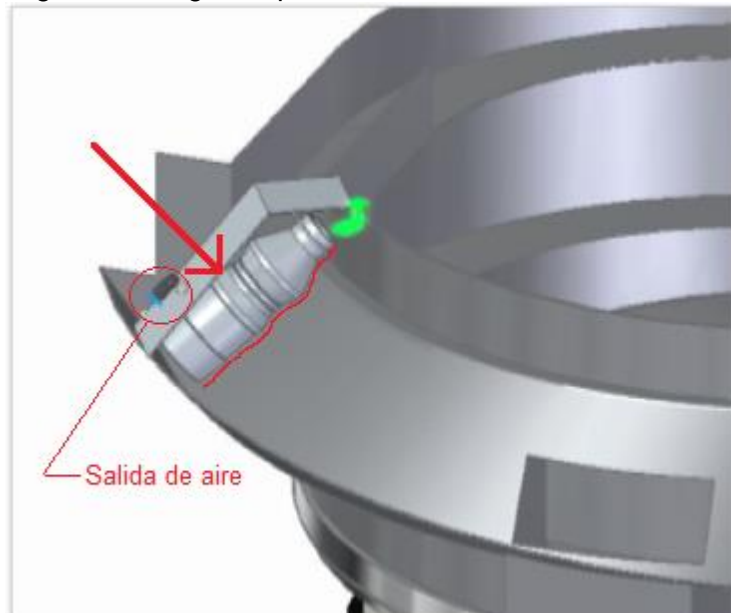
Figura 32. Posición de la botella en el último tramo de la pista



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

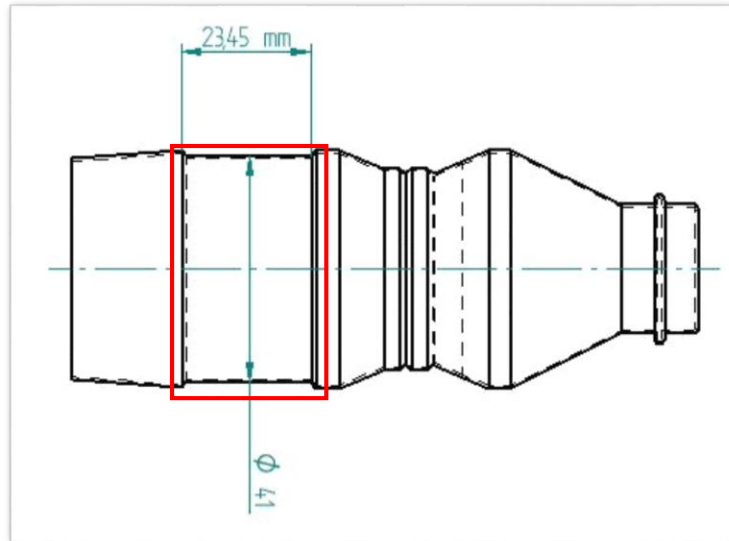
De igual manera se calcula la presión que hará que la botella se adhiera a la pista externa del cuenco (ver figura 33), con el fin de que no sufra alguna caída u oscilación que impida la continuación de su recorrido hasta la línea de envasado, el área donde impactara el aire se muestra en la figura 34.

Figura 33. Segundo posicionamiento de aire



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 34. Área transversal del cuerpo de la botella



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

El área tomada donde impactará el aire a presión es uniforme, por lo cual se toma la misma fuerza ejercida por la botella, debido a que el peso de esta nunca varía, con base en lo dicho anteriormente, se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Área} = b \times h$$

$$\text{Área} = 0.02345m \times 0.041m$$

$$\text{Área} = 941.45 m^2$$

$$P = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

$$P = \frac{0.0981 N}{9.6145 \times 10^{-4} m^2}$$

$$P = 102.0333Pa$$

Por lo cual, la presión obtenida (102.033 Pa) será la necesaria para acentuar la botella a la pista externa del cuenco y con ello llevar a cabo la dosificación.

8.2.2 Selección de racores de aire. Para los conductos de aire los cuales realizan el posicionamiento de las botellas se selecciona un racor rápido que se encarga de suministrar de aire según la presión que se necesite para que la botella abandone la pista, se realiza la selección de la empresa Festo la cual brinda una gran variedad de racores rápidos como se ilustra en la figura 35, se escoge un racor rápido con una rosca m5 y la entrada de presión de 4 mm de diámetro.

Figura 35. Racor



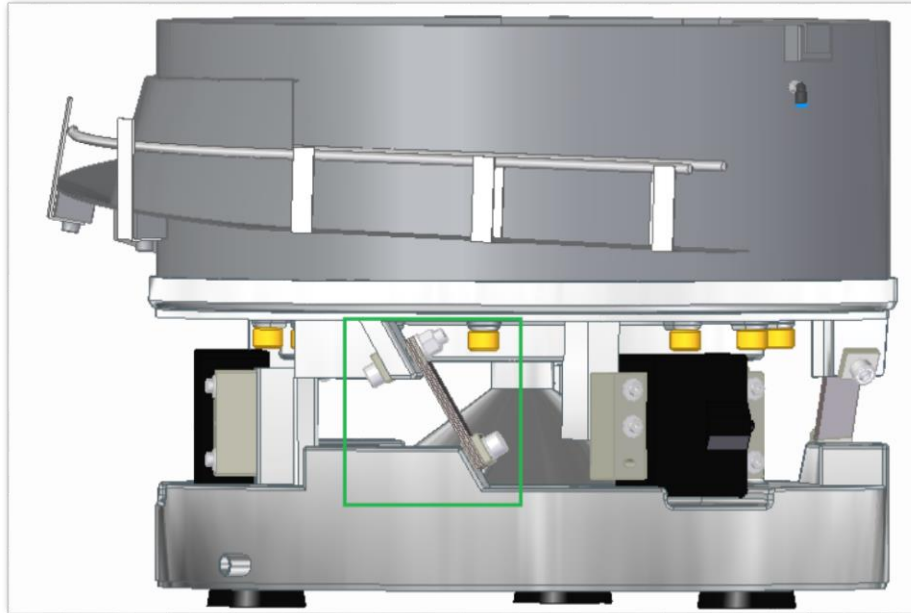
Fuente: FESTO. [sitio web]. Colombia:
FESTO. Disponible en:
https://www.festo.com/cat/es-co_co/search?query=qs-b

Para el suministro de aire constante el cual realiza el posicionamiento de las botellas se selecciona un racor rápido que se encarga de suministrar de aire según la presión que se necesite para que la botella abandone la pista (ver ANEXO P).

8.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN

8.3.1 Cálculo de flejes. Se establecen los datos iniciales para dar paso al análisis estático de los flejes, con el fin de conocer el comportamiento de estos debido a la carga que ejerce el cuenco sobre cada grupo como se ve en la figura 36, sin embargo, cabe aclarar que este análisis se realizará únicamente para una lámina de uno de los grupos.

Figura 36. Grupo de flejes



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

$$m: 37kg$$
$$g: 9.81 \frac{m}{s^2}$$
$$r: 0.2713m$$

Donde;

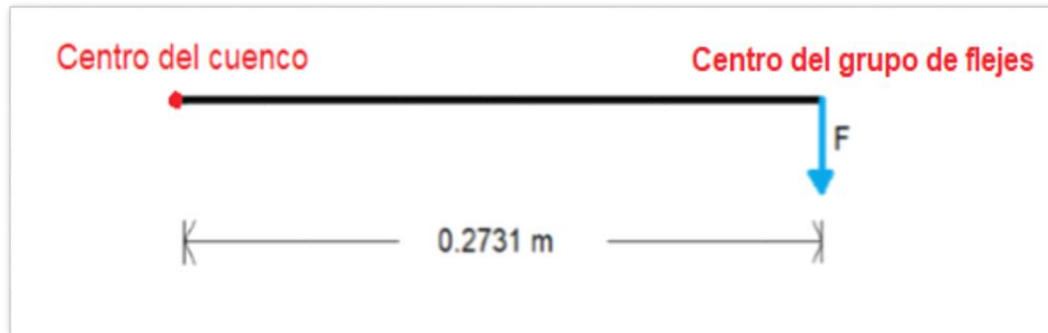
m: masa del cuenco y los 3 anillos

g: gravedad

r: distancia del centro del centro del cuenco al centro del grupo de flejes

El diagrama presentado en la figura 37, indica la distancia a la que está ubicada la fuerza ejercida en el grupo de flejes, que será hallada multiplicando la masa de la botella por la gravedad.

Figura 37. Fuerza ejercida en el grupo de flejes



Fuente: elaboración propia

$$F = m \times g$$
$$F = 37kg \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$
$$F = 362.97 N$$

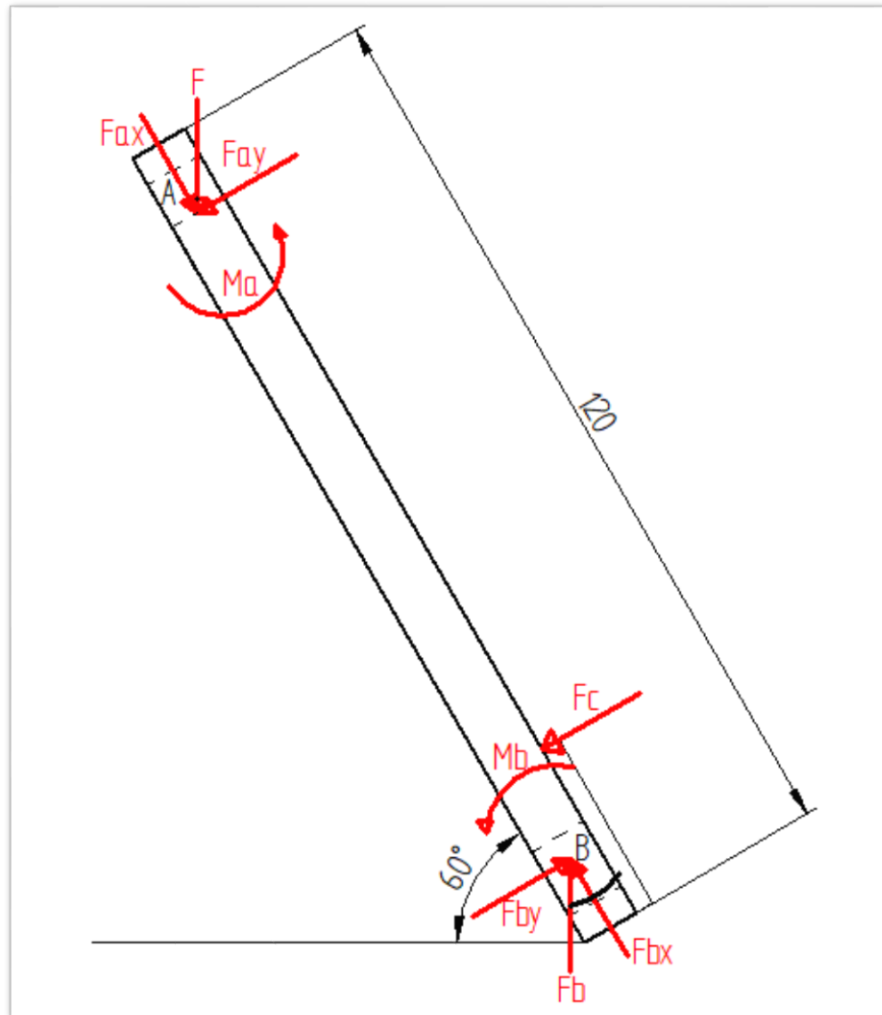
Donde;

$F =$ Fuerza ejercida sobre cada grupo de flejes

Se presenta un diagrama de cuerpo libre (ver figura 38) que indica el comportamiento de las fuerzas actuantes en el fleje, debido a que estará sujetado por unos pernos al anillo 1 y a la base soporte de la máquina como se puede ver en la figura 36.

Este diagrama indica la posición de cada una de las reacciones generadas en los dos apoyos (A y B), además de los momentos que se generan debido a la inclinación del fleje, que tenderá a girar en el sentido antihorario en el apoyo A y en sentido horario en el apoyo B.

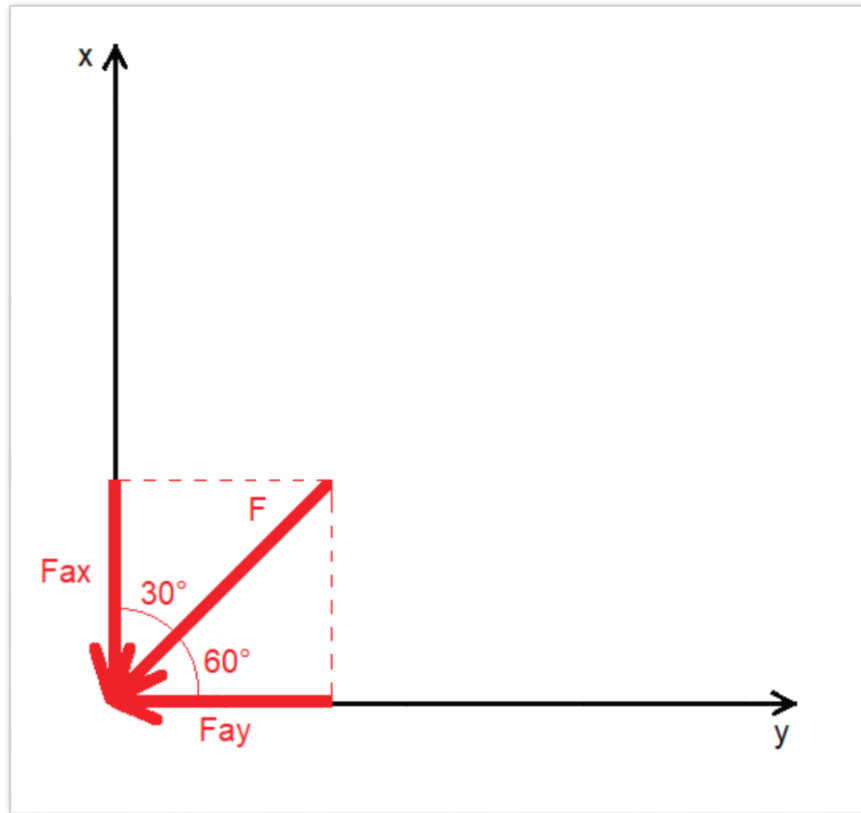
Figura 38. Diagrama de cuerpo libre del fleje



Fuente: elaboración propia

Luego de esto, se procede a girar el eje de trabajo en el apoyo A, como se puede ver en el diagrama de la figura 39, esto con el fin de hacer una descomposición de fuerzas, hallando cada una de ellas, lo cual indicará el valor de la fuerza que le llega al apoyo en diferente dirección y el valor de los momentos generados en el fleje.

Figura 39. Diagrama de fuerzas en A



Fuente: elaboración propia

$$F_{ay} = F \cos(60^\circ)$$

$$F_{ay} = 362.97 \cos(60^\circ)$$

$$F_{ay} = 181.485 \text{ N}$$

$$F_{ax} = F \cos(30^\circ)$$

$$F_{ax} = 362.97 \cos(30^\circ)$$

$$F_{ax} = 314.341 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en x

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{bx} = -314.341 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\begin{aligned}\sum Fy &= 0 \\ -Fay - Fc + Fby &= 0 \\ Fc &= Fby - 181.485 \text{ N}\end{aligned}$$

Sumatoria de momento en A

$$\begin{aligned}\sum Ma &= 0 \\ Fby (0.099m) - Fc(0.0845m) &= 0 \\ 0.099m Fby - (Fby - 181.485 \text{ N})(0.0845m) &= 0 \\ 0.099m Fby - 0.0845m Fby - 15.335 \text{ Nm} &= 0 \\ 0.014m Fby &= 15.335 \text{ Nm} \\ Fby &= \frac{15.335 \text{ Nm}}{0.0145m} \\ Fby &= 1057.586 \text{ N}\end{aligned}$$

Reemplazando la fuerza Fby en la fuerza Fc

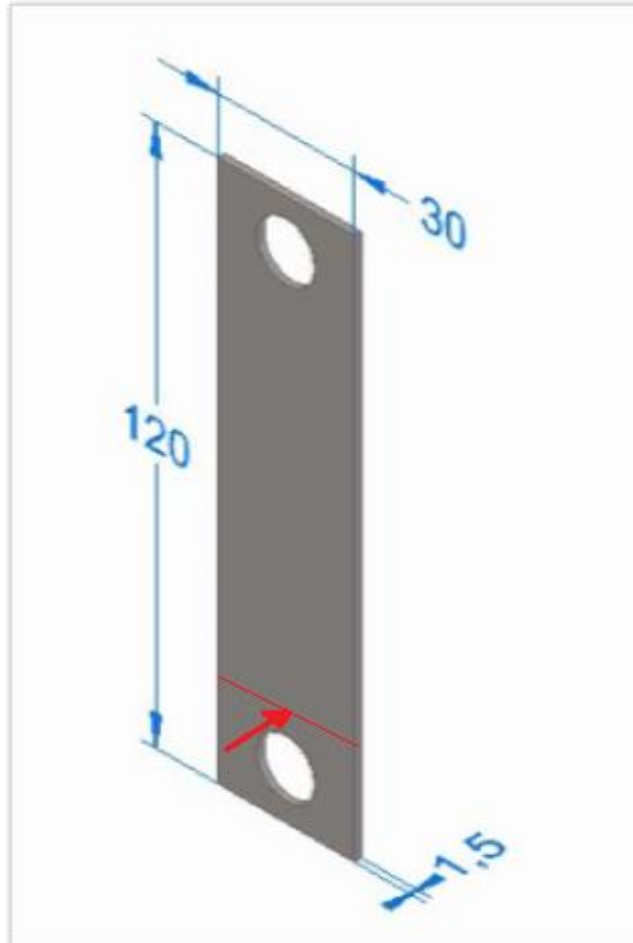
$$\begin{aligned}Fc &= Fby - 181.485 \text{ N} \\ Fc &= 1057.586 \text{ N} - 181.485 \text{ N} \\ Fc &= 876.101 \text{ N}\end{aligned}$$

Hallando momento en A (Ma) y momento en B (Mb)

$$\begin{aligned}Ma &= Fay (0.099m) \\ Ma &= 181.485 \text{ N} (0.099m) \\ Ma &= 17.967 \text{ Nm} \\ Mb &= Fby (0.099m) \\ Mb &= 1057.586 \text{ N} (0.099m) \\ Mb &= 104.701 \text{ Nm}\end{aligned}$$

Posteriormente se calcula el esfuerzo cortante situando la fuerza normal presentada a 0,025m desde la parte inferior del fleje como se muestra en la figura 40, luego se hallará el factor de seguridad necesario para soportar dicho esfuerzo manifestado debido a la vibración, siendo este el punto crítico de ruptura del fleje.

Figura 40. Perfil del fleje



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

El área será multiplicada por 4, debido a que la fuerza se genera sobre las cuatro hojas que conforman los tres grupos de flejes.

Ecuación 16. Esfuerzo cortante

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

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 436p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

$$\tau = \frac{Fc}{4A}$$

$$\tau = \frac{876.101 N}{4(0.025m \times 0.0015m)}$$

$$\tau = 5840673.333Pa$$

$$\tau = 5.841Mpa$$

Para el cálculo del factor de seguridad se tiene la ecuación 17, con el fin de considerar las incertidumbres que pueden ocurrir cuando las cargas actúen sobre el fleje, por lo cual se escoge un material resiliente con las propiedades mecánicas indicadas en la figura 41.

Ecuación 17. Factor de seguridad

$$n = \frac{Sy(0.577)}{\tau}$$

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 439p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Donde,

$Sy =$ Limite de fluencia del material de los flejes

Figura 41. Propiedades mecánicas AISI 5160

Properties	Metric	Imperial
Tensile strength, ultimate	724 MPa	105000 psi
Tensile strength, yield	275 MPa	39900 psi
Modulus of elasticity	190- 210 GPa	27557- 30458 ksi

Fuente: AZON MATERIALS. Acero de aleación AISI 5160 (UNS G51600). [consultado:12 abril 2019]. Disponible en: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6743>

$$n = \frac{275 Mpa \times 0.577}{5.841Mpa}$$

$$n = 27.17$$

8.3.2 Diseño del sistema de sujeción. Para el sistema de sujeción se emplearon 3 cálculos de elementos roscados.

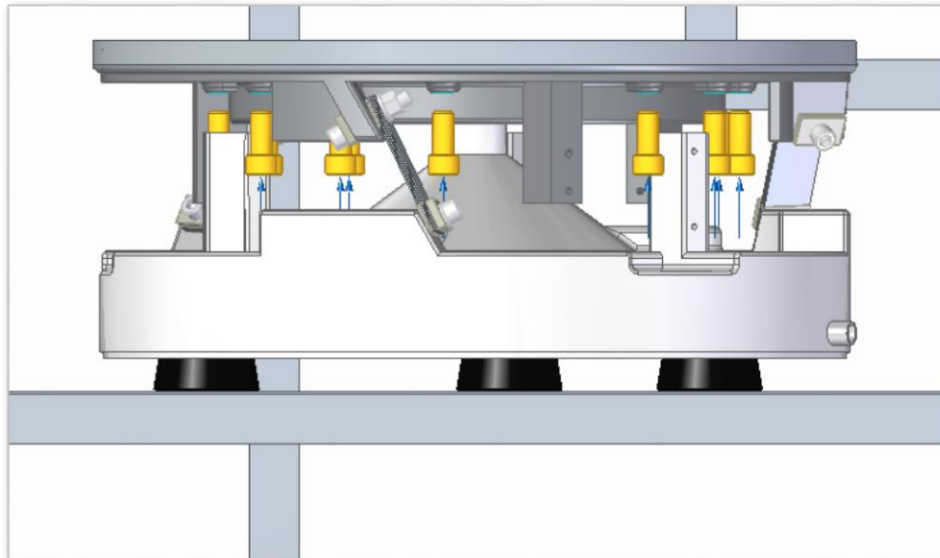
- Los tornillos que sujetarán los anillos
- Los tornillos que sujetarán los electromagnetos
- Los pernos que sujetaran cada uno de los grupos de flejes.

8.3.3 Cálculo de tornillos de sujeción de los anillos. Se debe tener en cuenta que el valor de la precarga se determina a partir del valor de la resistencia de prueba o tracción sobre el material del tornillo (ver figura 43), donde en este caso es del 90% del valor del punto de fluencia F_p para los tornillos métricos³⁴, además cabe aclarar que ese porcentaje se considera debido a que es el utilizado para sujeciones permanentes en condiciones secas.

Datos iniciales:

Rosca del tornillo: M16 X 2

Figura 42. Sujeción de los anillos 1,2 y 3



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

³⁴ BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 427p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Figura 43. Propiedades Mecánicas de los tornillos según UNE EN ISO 898-1

No.	Mechanical or physical property	Property class										
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9	
							$d \leq 16$ mm ^a	$d > 16$ mm ^b	$d \leq 16$ mm			
1	Tensile strength, R_m , MPa	nom. ^c	400		500		600	800	830	900	1000	1200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Lower yield strength, R_{eL}^d , MPa	nom. ^c	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
		min.	240	—	300	—	—	—	—	—	—	—
3	Stress at 0,2 % non-proportional elongation, $R_{p0,2}$, MPa	nom. ^c	—	—	—	—	—	640	640	720	900	1080
		min.	—	—	—	—	—	640	660	720	940	1100

Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel. ISO 898-1. 4 ed. Geneve, Suiza: ISO. 8 p.

Se reemplaza la ecuación 18 en la ecuación 19 y posteriormente se realiza el cálculo correspondiente para conocer el resultado de la precarga.

Además, el área que se emplea para determinar el valor de la precarga es la sección resistente nominal de la rosca, la cual se extrae de la figura 44.

Ecuación 18. Precarga parcial

$$F_i = F_p \times 0.9$$

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 427p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Donde;

F_i : Precarga parcial

F_p : Carga de prueba

Ecuación 19. Carga de prueba

$$F_p = A_t S_p$$

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 427p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Donde;

At: Area de seccion resistente efectiva
Sp: Resistencia de prueba o tracción

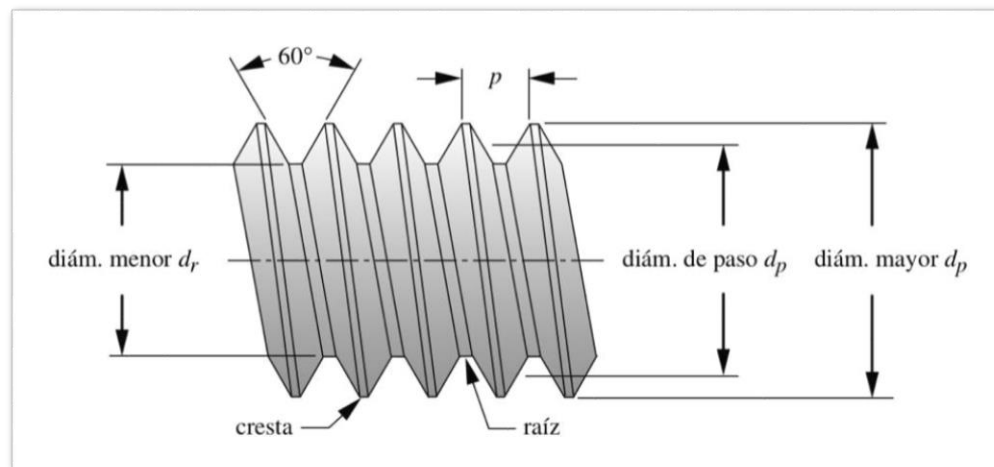
Figura 44. Límites de dimensiones de la rosca métrica del tornillo M16

Diámetro nominal B=D _{min}	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹ . Bulones y tornillos						Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\pi/4$ $(d_2+d_3)^2/2$ A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}		
12	1,75	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9,602	76,25	84,3
14	2	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271	104,7	115
16	2	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271	144,1	157
18	2,5	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625	175,1	193

Fuente: TORMETAL; ROSCA METRICA. En: TORMETAL. [sitio web]. Barcelona: Tormetal. [consulta 17 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.tormetal.com/wp-content/uploads/2017/04/6-TMT-CAT-FIX-AP-Tecnico-Roscas.pdf>

Se muestra la figura 45 que indica el diámetro de la rosca nominal, equivalente al diámetro normal de la figura 44.

Figura 45. Diámetros de la rosca del tornillo



Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 724p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

Posteriormente se determina la fuerza de la precarga conociendo los valores de la resistencia de prueba o tracción, siendo este de 800 N/mm² y el área de sección resistente efectiva de 157 mm².

$$F_i = 0,9 S_p A_t$$

$$F_i = 0,9 \left(\frac{800N}{mm^2} \right) (157mm^2)$$

$$F_i = 113040 \text{ N}$$

Luego se calcula la longitud de la cuerda (L_{cuerda}) y del vástago (L_s), donde se obtiene el valor de la longitud de la cuerda (L_t) en la zona de sujeción del tornillo.

Ecuación 20. Longitud de la cuerda

$$L_{\text{cuerda}} = 2d + 0,25$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 745p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$L_{\text{cuerda}} = 2(16\text{mm}) + 0,25$$

$$L_{\text{cuerda}} = 32,25 \text{ mm}$$

Ecuación 21. Longitud del vástago

$$L_s = L_{\text{perno}} - L_{\text{cuerda}}$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 745p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$L_s = L_{\text{perno}} - L_{\text{cuerda}}$$

$$L_s = 50\text{mm} - 32,25\text{mm}$$

$$L_s = 17,75 \text{ mm}$$

Ecuación 22. Longitud de la cuerda

$$L_t = L - L_s$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 745p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$L_t = 35 \text{ mm} - 17,75 \text{ mm}$$

$$L_t = 19,85 \text{ mm}$$

A su vez se realiza el cálculo para conocer el valor de la rigidez del tornillo (K_b), rigidez del material (K_m) y el factor de rigidez de la junta (C).

Ecuación 23. Rigidez del tornillo

$$K_b = \frac{A_t A_b}{A_b L_t + A_t L_s} E_b$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 746p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$K_b = \frac{157\text{mm}^2(\pi(16\text{mm}^2))}{(\pi(16\text{mm}^2))(19,85\text{mm}) + (157\text{mm}^2)(17,75\text{mm})} \left(1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)$$

$$K_b = 7575,58 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Donde;

$A_b = \text{Área de la rosca del tornillo}$

Ecuación 24. Rigidez del material

$$K_m = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \frac{E_m}{L}$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 747p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$K_m = \frac{\pi(27,4\text{mm}^2 - 16\text{mm}^2)}{4} \left(\frac{1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{35\text{mm}}\right)$$

$$K_m = 12490,187 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Ecuación 25. Factor de rigidez

$$C = \frac{Kb}{Km + Kb}$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 748p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$C = \frac{7575,58 \frac{N}{mm}}{12490,187 \frac{N}{mm} + 7575,58 \frac{N}{mm}}$$
$$C = 0,3775$$

Donde;

$Kb =$ Rigidez del tornillo

$Km =$ Rigidez del material

La porción de carga aplicada (P) que experimenta el tornillo (Pb) y el material (Pm) se determina por medio de la ecuación 26, con la finalidad de conocer el valor de la porción de carga aplicada al material del mismo.

Ecuación 26. Porción de carga aplicada al tornillo

$$Pb = CP$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 748p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$Pb = 0,3775 \left(\frac{(36Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2})}{12} \right)$$
$$Pb = 11,0985 N$$

Donde;

$C =$ Factor de rigidez

$P =$ Carga aplicada

Ecuación 27. Porción de carga aplicada al material

$$P_m = (1 - C) P$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 748p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$P_m = (1 - 0,3775) (29,4 N)$$

$$P_m = 18,3015 N$$

Se hallan las cargas resultantes en el tornillo (F_b) y el material (F_m) después de que se aplica la carga aplicada (P), que en este caso se tiene en cuenta como el peso de los elementos que hacen que se produzca un esfuerzo de tensión en los tornillos (σ_b).

Ecuación 28. Carga en el tornillo

$$F_b = F_i + P_b$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 748p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$F_b = 113040 N + 11,0985 N$$

$$F_b = 113051,0985 N$$

Donde;

$P_b =$ Porción de carga aplicada del tornillo

Ecuación 29. Carga en el material

$$F_m = F_i - P_m$$

Fuente: NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 748p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

$$F_m = 113040 N - 18,3015 N$$

$$F_m = 113021,6985 N$$

De la figura 46, se extraen dos datos importantes para el cálculo del par de ajuste del tornillo, estos son la calidad del tornillo y la resistencia a la tracción o prueba del mismo.

La selección de los datos, se hizo teniendo en cuenta que la rosca es de un diámetro de 16mm, por lo cual se escoge lo siguiente:

Calidad del tornillo: 8.8

$$Rp: 800 \frac{N}{mm^2}$$

Donde;

Rp: Resistencia a la tracción o de prueba

Se determina el par de ajuste del tornillo por medio de la ecuación 31 No sin antes tener en cuenta el coeficiente de apriete, el cual tendrá un valor de $k=0.2$ ³⁵, puesto que el tornillo se implementará en la máquina en condiciones secas.

Ecuación 31. Par de ajuste

$$T = K F_i d$$

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 427p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Donde;

T = Par de ajuste aplicado para el tornillo

K = Coeficiente de apriete

d = diametro nominal o mayor del tornillo

F_i = Precarga

$$T = 0.2 \times 113040N \times 0.016m$$

$$T = 361,73 Nm$$

³⁵ FASTENAL. [en línea]. TORQUE-TENSION REFERENCE GUIDE. Minneapolis: FASTENAL. [consultado: 10 de febrero de 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.fastenal.com/content/merch_rules/images/fcom/content-library/Torque-Tension%20Reference%20Guide.pdf

Del cálculo realizado anteriormente se determina que el par de apriete que necesita cada uno de los tornillos de sujeción de los anillos siendo 12 la cantidad de los mismos, es de 361.73 Nm.

Para la selección del material de los tornillos, se tiene en cuenta la calidad del mismo, siendo esta de 8.8. La figura 47 muestra que pueden ser varios los materiales de los que pueden estar fabricados los tornillos de acuerdo a la calidad de este, de los cuales se selecciona una aleación de acero templado y revenido.

Figura 47. Acero de los tornillos según UNE EN ISO 898-1

Property class	Material and heat treatment	Chemical composition limits (cast analysis, %) ^a				B ^b max.	Tempering temperature °C min.
		C min.	C max.	P max.	S max.		
4.6 ^{c, d}	Carbon steel or carbon steel with additives	—	0,55	0,050	0,060	Not specified	—
4.8 ^d		0,13	0,55	0,050	0,060		
5.6 ^c		—	0,55	0,050	0,060		
5.8 ^d		0,15	0,55	0,050	0,060		
6.8 ^d		0,15	0,55	0,050	0,060		
8.8 ^f	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	or Carbon steel quenched and tempered	0,25	0,55	0,025	0,025		
	or Alloy steel quenched and tempered ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		

Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel. ISO 898-1. 4 ed. Geneve, Suiza: ISO. 7 p.

Al obtener esta información y debido a que el esfuerzo al que estarán sometidos los tornillos por la vibración se determina que el material del tornillo será acero al carbono con aditivos templados y revenidos ASTM A574M (ver figura 48).

Figura 48. Propiedades del tornillo

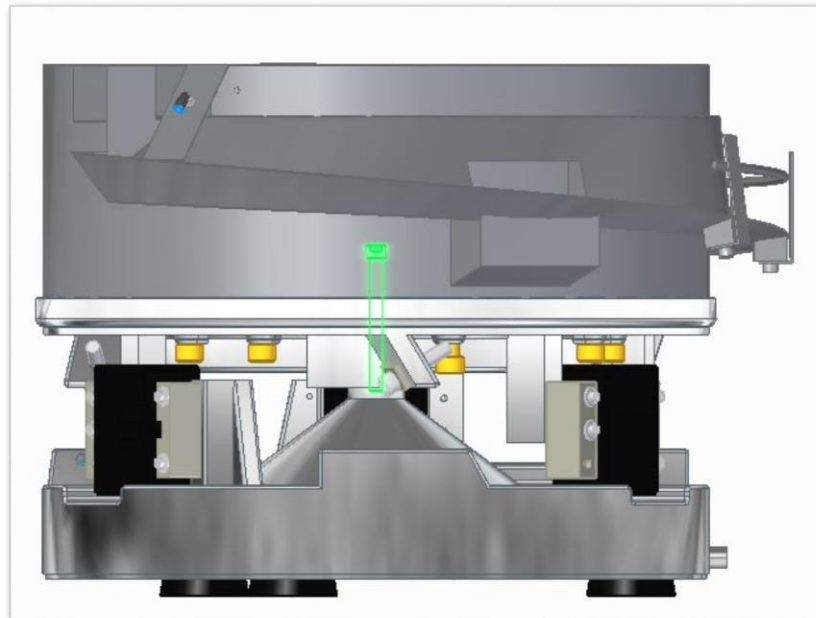
NOTES

- 1. Material:** ASTM A574M,
DIN ENISO4762-alloy steel
- 2. Hardness:** Rc 38-43
- 3. Tensile Stress:** 1300 MPa thru M16 size.
1250 MPa over M16 size.
- 4. Yield Stress:** 1170 MPa thru M16 size.
1125 MPa over M16 size.
- 5. Thread Class:** 4g 6g

Fuente: Notes [en línea]. METRIC SOCKET HEAD CAP SCREWS. Shenzhen [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.viewmold.com/sources/Unbrako/Metric%20Socket%20Head%20Cap%20Screws.pdf>

8.3.4 Cálculo del tornillo de sujeción del cuenco. Para el cálculo de este inciso, se toman los datos seleccionados para los tornillos de sujeción de los anillos, debido a que tendrán las mismas características de calidad y material. Sin embargo el dato a tener en cuenta es la rosca del tornillo que en este caso será de 12mm de diametro.

Figura 49. Sujeción del cuenco



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Datos iniciales;

Calidad: 8.8

Resistencia a la tracción: $800 \frac{N}{mm^2}$

Para realizar los cálculos se tiene en cuenta en este caso, que, por el tamaño de la rosca, el área de sección resistente efectiva cambiara, siendo esta de 84,3 mm² (ver figura 50).

Figura 50. Límites de dimensiones de la rosca métrica M12

Diámetro ²⁾ nominal B=D _{min}	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹⁾ . Bulones y tornillos						Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\pi/4$ $(d_2+d_3)^2/2$ A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}		
12	1,75	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9,602	76,25	84,3
14	2	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271	104,7	115
16	2	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271	144,1	157
18	2,5	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625	175,1	193

Fuente: TORMETAL; ROSCA METRICA. En: TORMETAL. [sitio web]. Barcelona: Tormetal. [consulta 17 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.tormetal.com/wp-content/uploads/2017/04/6-TMT-CAT-FIX-AP-Tecnico-Roscas.pdf>

Posteriormente se determina la fuerza de la precarga y los cálculos faltantes de la misma manera que se realizó en el cálculo de los tornillos de sujeción de los anillos (ver numeral 8.3.3).

$$F_i = 0.9 A_t S_p$$

$$F_i = 0.9 \times 84,3 \text{ mm}^2 \times 800 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$F_i = 60696 N$$

$$L_{\text{cuerda}} = 2d + 0,25$$

$$L_{\text{cuerda}} = 2(12\text{mm}) + 0,25$$

$$L_{\text{cuerda}} = 24,25\text{mm}$$

$$L_s = L \text{ perno} - L \text{ cuerda}$$

$$L_s = 132\text{mm} - 24,25\text{mm}$$

$$L_s = 107,75 \text{ mm}$$

$$L_t = L - L_s$$

$$L_t = 120 \text{ mm} - 107,75 \text{ mm}$$

$$L_t = 12,25 \text{ mm}$$

$$K_b = \frac{A_t A_b}{A_b L_t + A_t L_s} E_b$$

$$K_b = \frac{84,3\text{mm}^2(\pi(12\text{mm}^2))}{(\pi(12\text{mm}^2))(12,25\text{mm}) + (84,3\text{mm}^2)(107,75\text{mm})} \left(1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)$$

$$K_b = 374,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K_m = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \frac{E_m}{L}$$

$$K_m = \frac{\pi(50 \text{ mm}^2 - 12\text{mm}^2)}{4} \left(\frac{1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{120 \text{ mm}}\right)$$

$$K_m = 17763,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b}$$

$$C = \frac{374,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{17763,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}} + 374,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}$$

$$C = 0,020$$

$$Pb = CP$$

$$Pb = 0,02 \left(\frac{(36Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2})}{1} \right)$$

$$Pb = 7,285 N$$

$$Pm = (1 - C) P$$

$$Pm = (1 - 0,02) (352,8 N)$$

$$Pm = 345,53 N$$

$$Fb = Fi + Pb$$

$$Fb = 60696 N + 7,285 N$$

$$Fb = 60703,285 N$$

$$Fm = Fi - Pm$$

$$Fm = 60696 - 345,53 N$$

$$Fm = 60350,47 N$$

$$\sigma_b = \frac{Fb}{At}$$

$$\sigma_b = \frac{60703,285 N}{84,3 mm^2}$$

$$\sigma_b = 720,086 \frac{N}{mm^2}$$

Finalmente, se obtiene que, la resistencia de prueba o tracción (800 N/mm²) del tornillo, al igual que en inciso 8.3.3, será la adecuada para soportar las condiciones a las que estarán expuestos los dos tornillos que en este caso estarán sujetando los electromagnetos, los cuales no llegarán al límite plástico evitando fisuras o fracturas en el material.

Luego se calcula el par de ajuste necesario para sujetar los dos tornillos que sujetarán los electromagnetos.

Con base en las condiciones secas en las que trabajarán los tornillos, el coeficiente será el mismo del inciso 8.3.3, por lo tanto, tiene el valor de $K=0.2$

$$T = KFi d$$

Donde;

$T =$ Par de ajuste aplicado por el tornillo

$K =$ Coeficiente de apriete

$d =$ diametro nominal o mayor del tornillo

$Fi =$ Precarga

$$T = 0.2 \times 60696 \text{ N} \times 0.012 \text{ m}$$

$$T = 145,67 \text{ Nm}$$

Se determina que el par de ajuste que necesita cada uno de los tornillos de sujeción de los electromagnetos es de 145,67 Nm.

Al saber que la calidad del tornillo es la misma, con un valor de 8.8 se determina que el material del tornillo será acero al carbono con aditivos templados y revenidos ASTM A574M (ver figura 51).

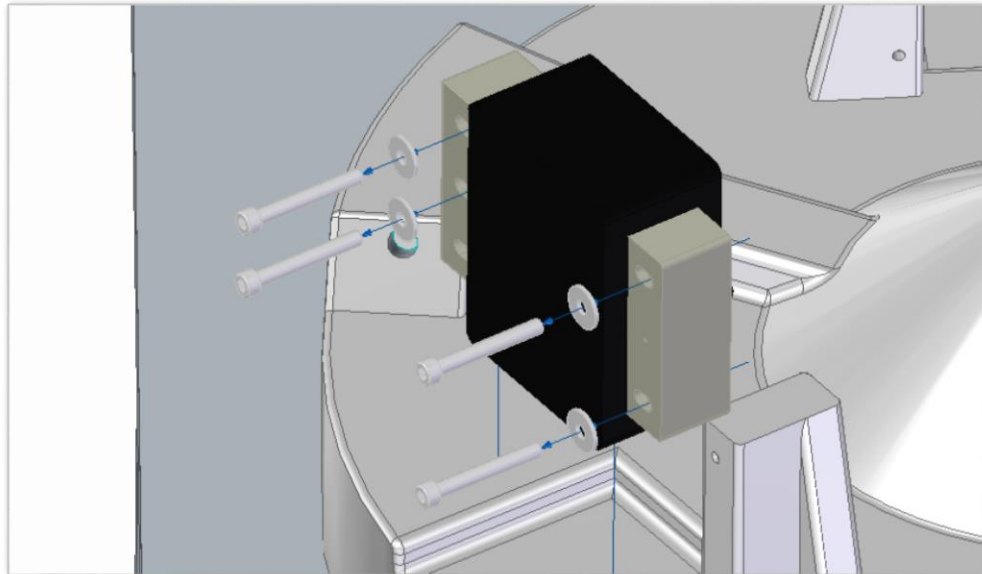
Figura 51. Características del tornillo

NOTES
1. Material: ASTM A574M, DIN ENISO4762-alloy steel
2. Hardness: Rc 38-43
3. Tensile Stress: 1300 MPa thru M16 size. 1250 MPa over M16 size.
4. Yield Stress: 1170 MPa thru M16 size. 1125 MPa over M16 size.
5. Thread Class: 4g 6g

Fuente: Notes [en línea]. METRIC SOCKET HEAD CAP SCREWS. Shenzhen [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.viewmold.com/sources/Unbrako/Metric%20Socket%20Head%20Cap%20Screws.pdf>

8.3.5 Cálculo de tornillos de sujeción de los electromagnetos. Para los cálculos en este inciso se toman los datos seleccionados para los tornillos de sujeción de los anillos, debido a que tendrán las mismas características de calidad y material. Sin embargo el dato a tener en cuenta es la rosca del tornillo que en este caso será de 6mm de diametro.

Figura 52. Sujeción de los electromagnetos



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Datos iniciales;

Calidad: 8.8

Resistencia a la tracción: $800 \frac{N}{mm^2}$

Para realizar los cálculos se tiene en cuenta en este caso, que, por el tamaño de la rosca, el área de sección resistente efectiva cambiara, siendo esta de 20,1 mm² (ver figura 53).

Figura 53. Límites de dimensiones de la rosca métrica

Diámetro ²⁾ nominal B=D _{min}	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹⁾ . Bulones y tornillos						Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\pi/4$ $(d_2+d_3)^2/2$ A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}		
6	1	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596	17,89	20,1
7	1	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5,596	26,18	28,9
8	1,25	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6,272	32,84	36,6
9	1,25	8,972	8,760	8,160	8,042	7,438	7,272	43,78	48,1

Fuente: TORMETAL; ROSCA METRICA. En: TORMETAL. [sitio web]. Barcelona: Tormetal. [consulta 17 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.tormetal.com/wp-content/uploads/2017/04/6-TMT-CAT-FIX-AP-Tecnico-Roscas.pdf>

Posteriormente se determina la fuerza de la precarga y los cálculos faltantes de la misma manera que se realizó en el cálculo de los tornillos de sujeción de los anillos (ver numeral 8.3.3).

$$F_i = 0.9 A_t S_p$$

$$F_i = 0.9 \times 20.1 \text{mm}^2 \times 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_i = 14472 \text{ N}$$

$$L_{\text{cuerda}} = 2d + 0,25$$

$$L_{\text{cuerda}} = 2(6\text{mm}) + 0,25$$

$$L_{\text{cuerda}} = 12,25\text{mm}$$

$$L_s = L_{\text{perno}} - L_{\text{cuerda}}$$

$$L_s = 50\text{mm} - 12,25\text{mm}$$

$$L_s = 37,75 \text{ mm}$$

$$L_t = L - L_s$$

$$L_t = 48,5 \text{ mm} - 37,75 \text{ mm}$$

$$L_t = 10,75 \text{ mm}$$

$$K_b = \frac{A_t A_b}{A_b L_t + A_t L_s} E_b$$

$$K_b = \frac{20,1 \text{ mm}^2 (\pi (6 \text{ mm}^2))}{(\pi (6 \text{ mm}^2))(10,75 \text{ mm}) + (20,1 \text{ mm}^2)(37,75 \text{ mm})} \left(1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$K_b = 1295,174 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$K_m = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \frac{E_m}{L}$$

$$K_m = \frac{\pi (11,8 \text{ mm}^2 - 6 \text{ mm}^2)}{4} \left(\frac{1125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{48,5 \text{ mm}} \right)$$

$$K_m = 1880,826 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b}$$

$$C = \frac{1295,174 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{1880,826 \frac{\text{N}}{\text{mm}} + 1295,174 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}$$

$$C = 0,4078$$

$$P_b = CP$$

$$P_b = 0,4078 \left(\frac{(6,43 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{2} \right)$$

$$P_b = 12,85 \text{ N}$$

$$P_m = (1 - C) P$$

$$Pm = (1 - 0,4078) (63,014 N)$$

$$Pm = 37,317 N$$

$$Fb = Fi + Pb$$

$$Fb = 14472 N + 12,85 N$$

$$Fb = 14484,85 N$$

$$Fm = Fi - Pm$$

$$Fm = 14472 - 37,317 N$$

$$Fm = 14434,683 N$$

$$\sigma b = \frac{Fb}{At}$$

$$\sigma b = \frac{14484,85 N}{20,1mm^2}$$

$$\sigma b = 720,64 \frac{N}{mm^2}$$

Finalmente, se obtiene que, la resistencia de prueba o tracción (800 N/mm²) del tornillo, al igual que en inciso 8.3.3, será la adecuada para soportar las condiciones a las que estarán expuestos los dos tornillos que en este caso estarán sujetando los electromagnetos, los cuales no llegarán al límite plástico evitando fisuras o fracturas en el material.

Luego se calcula el par de ajuste necesario para sujetar los dos tornillos que sujetarán los electromagnetos.

Con base en las condiciones secas en las que trabajarán los tornillos, el coeficiente será el mismo del inciso 8.3.3, por lo tanto, tiene el valor de K=0.2

$$T = KFid$$

Donde;

T = Par de ajuste aplicado por el tornillo

K = Coeficiente de apriete

d = diametro nominal o mayor del tornillo

Fi = Precarga

$$T = 0.2 \times 14472 \text{ N} \times 0.006\text{m}$$

$$T = 17.37 \text{ Nm}$$

Se determina que el par de ajuste que necesita cada uno de los tornillos de sujeción de los electromagnetos es de 17.37 Nm.

Al saber que la calidad del tornillo es la misma, con un valor de 8.8 se determina que el material del tornillo será acero al carbono con aditivos templados y revenidos ASTM A574M (ver figura 54).

Figura 54. Características del tornillo

NOTES

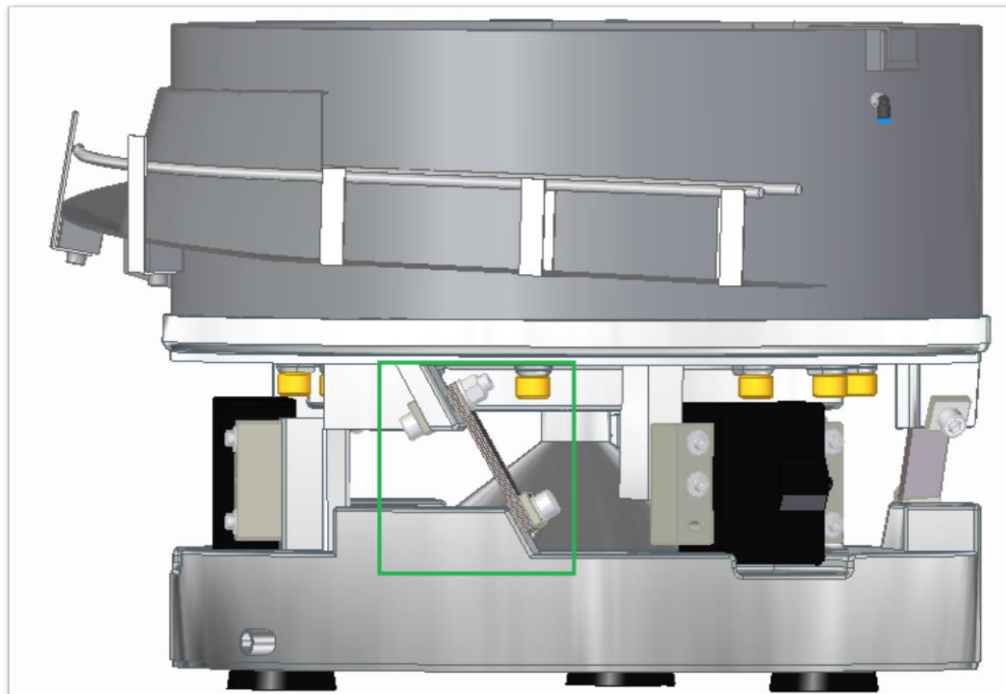
- 1. Material:** ASTM A574M,
DIN ENISO4762-alloy steel
- 2. Hardness:** Rc 38-43
- 3. Tensile Stress:** 1300 MPa thru M16 size.
1250 MPa over M16 size.
- 4. Yield Stress:** 1170 MPa thru M16 size.
1125 MPa over M16 size.
- 5. Thread Class:** 4g 6g

Fuente: Notes [en línea]. METRIC SOCKET HEAD CAP SCREWS. Shenzhen [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <http://www.viewmold.com/sources/Unbrako/Metric%20Socket%20Head%20Cap%20Screws.pdf>

8.3.6 Cálculo de pernos de sujeción de los flejes. Se realiza el cálculo de los pernos que están sujetando el grupo de flejes, determinando los esfuerzos que se presentan en uniones roscadas con base en el libro BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.

La figura 55 indica en el recuadro verde uno de los grupos de flejes, en donde están contemplados los pernos a trabajar en este inciso.

Figura 55. Conjunto de flejes



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Los materiales de los elementos mostrados en el recuadro verde tienen que cumplir con las propiedades necesarias para soportar la vibración a la que estarán sometidos, entre ellas esta la alta resistencia a la fatiga y alta resiliencia, por ende, para la selección de los mismos se tienen en cuenta las siguientes especificaciones.

Pernos

Figura 56. Especificaciones métricas y resistencias para pernos de acero

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima,† MPa	Resistencia mínima a la tensión,† MPa	Resistencia mínima a la fluencia,† MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	4.6
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	4.8
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	5.8
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	8.8
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	9.8
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	10.9
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	12.9

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 419p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Para el cálculo de pernos, primero se selecciona la calidad del perno (9.8), el tamaño de rosca correspondiente (M12) y el material (Acero de medio carbono templado y revenido) con las propiedades mecánicas que cumplen con las características de resistencia y resiliencia mencionadas anteriormente, de donde se extrae el valor de la resistencia mínima a la fluencia S_y equivalente a 720 Mpa utilizada en los cálculos.

Conociendo las características del perno mencionadas anteriormente, se selecciona el material del mismo, siendo un acero ASTM 325 Tipo 1 (ver figura 57), de medio carbono templado y revenido, indicado para la aplicación.

Figura 57. Especificaciones ASTM para pernos de acero

Designación ASTM num.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
A307	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo carbono	
A325, tipo 1	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
A325, tipo 2	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
A325, tipo 3	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero no temperizado, T y R	

Fuente: BUDYNAS G., RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 419p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

Se toma el material de los flejes escogido en el numeral 8.3.1, de donde se extrae el valor de la resistencia a la fluencia de los flejes Sy_1 , equivalente a 275 Mpa.

Flejes

Figura 58. Propiedades mecánicas de los flejes (Acero AISI 5160)

Properties	Metric	Imperial
Tensile strength, ultimate	724 MPa	105000 psi
Tensile strength, yield	275 MPa	39900 psi
Modulus of elasticity	190-210 GPa	27557-30458 ksi

Fuente: AZOM MATERIALS. Acero de aleación AISI 5160 (UNS G51600). [consultado:12 abril 2019]. Disponible en: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6743>

De la misma manera, se obtiene que la resistencia a la fluencia del anillo 1 Sy_2 es de 140 Mpa (ver figura 59).

Este material se selecciona debido a que la aleación de Aluminio, silicio y cobre permite al anillo tener una excelente resistencia a la vibración, además de evitar que debido a las fricciones durante el movimiento de la máquina se deforme considerablemente.

Anillo 1

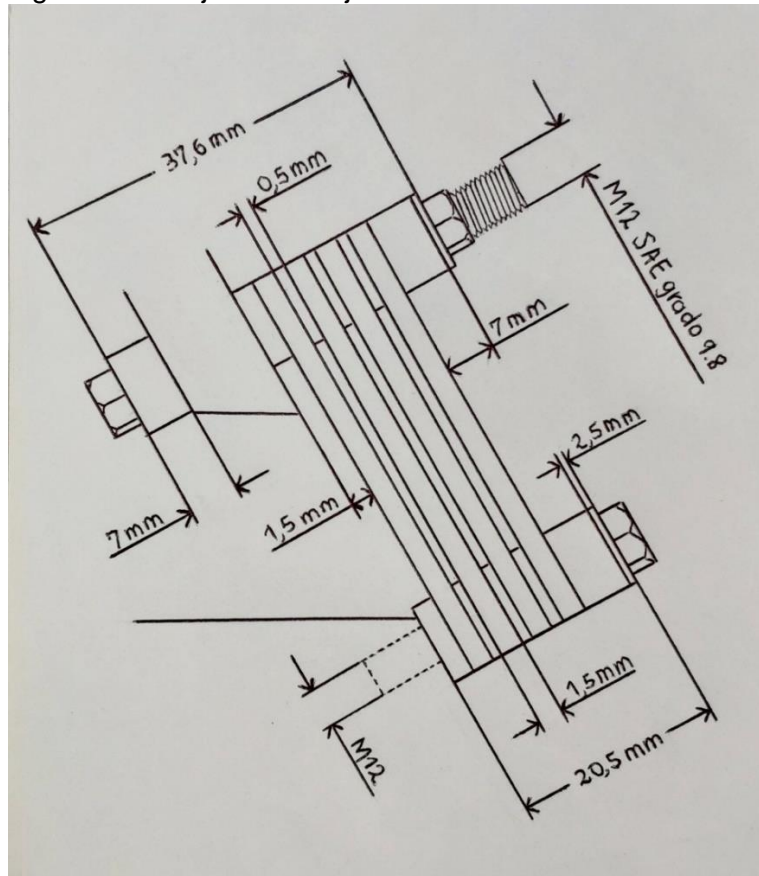
Figura 59. Propiedades mecánicas del anillo 1 (ALSI 12 CU)

Tensile strength, R_m , MPa, min.	Proof stress $R_{p0.2}$, MPa, min.	Elongation A_{50} , %, min.	Brinell hardness HBS, min.
240	140	1	70

Fuente: STENA ALUMINIUM. Alloy Specifications. En: STENA ALUMINIUM. [sitio web]. Älmhult: STENA ALUMINIUM [consulta: 12 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.stenaaluminium.com/siteassets/document/product-sheets/eng-en-ab-47100.pdf>

Con los valores dados anteriormente y los datos presentados en la figura 60, se realiza el debido cálculo para hallar el esfuerzo cortante, aplastamiento y tensión de los elementos que están inmersos en el sistema de sujeción de los flejes.

Figura 60. Conjunto de flejes



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a todo lo dicho anteriormente, se resume la información de cada uno de los elementos que conforman el sistema y se tiene que:

- La resistencia a la fluencia de los flejes (Sy_1) = 275 Mpa
- La resistencia a la fluencia del anillo 1 (Sy_2) = 140 Mpa
- La resistencia mínima de fluencia de los pernos (Sy_3) = 720 Mpa

Mediante la teoría de la energía de distorsión, se obtiene que la resistencia al cortante de los pernos corresponde a 415,44 Mpa, valor máximo que pueden soportar los pernos y utilizado para el calculo del esfuerzo cortante que se genera en los pernos.

$$Ssy = 0.577 Sy_3$$

$$Ssy = 0.577(720 \text{ Mpa})$$

$$Ssy = 415.44 \text{ Mpa}$$

Donde;

Ssy = Resistencia a la fluencia por torsión

Sy_3 = Resistencia minima de fluencia de los pernos

➤ **Por el cortante de los pernos**

As = #Elementos (Area transv. de la rosca)

$$As = 2 \times \left(\frac{\pi}{4} (12\text{mm})^2 \right)$$

$$As = 226.195\text{mm}^2$$

$$Fs = \frac{As \times Ssy}{F.S}$$

$$Fs = \frac{226.195\text{mm}^2 \times (415.44)\text{Mpa}}{3}$$

$$Fs = 31323.484 \text{ N}$$

Donde;

As = Área transversal de la rosca del perno

Fs = Fuerza cortante generada en el perno

$F.S$ = Factor de seguridad

Se tomo un factor de seguridad de 3 debido a que el esfuerzo al que puede estar sometido el material es de 240 Mpa. El siguiente cálculo lo confirma:

$$\sigma \text{ permisible} = \frac{\sigma \text{ Fluencia}}{F.S}$$

$$\sigma \text{ permisible} = \frac{720 \text{ Mpa}}{3}$$

$$\sigma \text{ permisible} = 240 \text{ Mpa}$$

Para saber si el perno va a resistir el esfuerzo permitido por el material, se divide la fuerza cortante ejercida sobre él entre el área transversal del mismo y se obtiene que,

$$\sigma \text{ permisible} > \frac{Fs}{As}$$

$$\sigma \text{ permisible} > \frac{31323.484 \text{ N}}{226.195 \text{ mm}^2}$$

$$240 \text{ Mpa} > 138.48 \text{ Mpa}$$

el esfuerzo cortante que se va a generar (138.68 Mpa) sobre el perno no supera el permitido (240 Mpa), lo que determina que no existirá ruptura del mismo.

➤ **Aplastamiento en pernos**

$$Ab = \# \text{Elementos}(\emptyset \text{ de rosca})(\text{Espesor de elementos})$$

$$Ab = 2 \times (12\text{mm})(8\text{mm})$$

$$Ab = 192 \text{ mm}^2$$

$$Fc = \frac{Ab Sy_3}{F.S}$$

$$Fc = \frac{192 \text{ mm}^2 \times 720\text{Mpa}}{3.5}$$

$$F_c = 39497,143 \text{ N}$$

Donde;

$Ab = \text{Área transversal de elementos}$

$F_c = \text{Fuerza cortante generada en los flejes}$

De los calculos realizados se concluye que el esfuerzo resultante en el aplastamiento de los pernos no sobrepasa el permitido por el material del mismo, esto se comprueba con siguiente ecuación y afirma que el perno no sufrirá un esfuerzo adicional que repercuta en fracturas del mismo.

$$\sigma \text{ permisible} > \frac{F_c}{A_s}$$

$$\sigma \text{ permisible} > \frac{39497,143 \text{ N}}{192 \text{ mm}^2}$$

$$240 \text{ Mpa} > 205,71 \text{ Mpa}$$

➤ **Aplastamiento en miembros (Flejes)**

$$F_m = \frac{Ab S y_1}{F.S}$$

$$F_m = \frac{192 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ Mpa}}{2.5}$$

$$F_m = 21120 \text{ N}$$

Donde;

$F_m = \text{Aplastamiento en miembros (flejes)}$

Posteriormente, se realiza la comprobación del esfuerzo resultante por aplastamiento en los flejes, donde se evidencia que el esfuerzo permitido por el material supera el generado, lo que indica que los flejes tienen un buen comportamiento frente al medio de operación y no se verán afectados por fracturas súbitas o por fatiga.

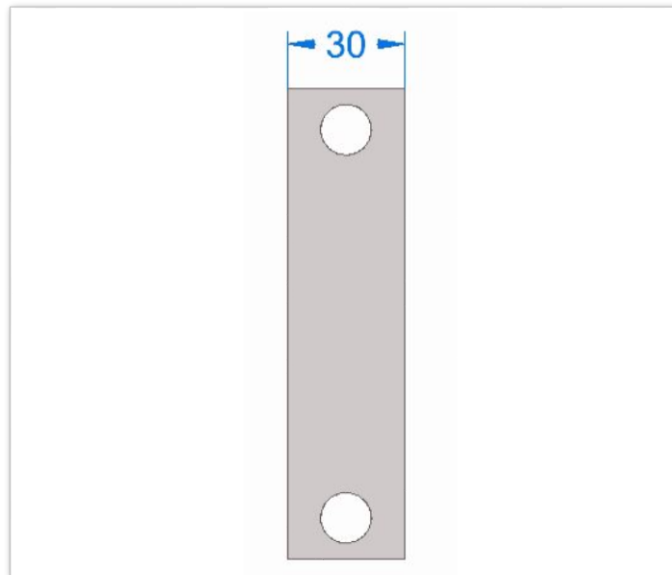
$$\sigma_{\text{permisible}} > \frac{Fm}{As}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} > \frac{21120 \text{ N}}{192 \text{ mm}^2}$$

$$275 \text{ Mpa} > 110 \text{ Mpa}$$

➤ **Tensión en flejes**

Figura 61. Ancho del fleje



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

$$At = (N - \phi \text{ de rosca})(\text{Espesor de elementos})$$

$$N = 30\text{mm}$$

$$At = (30\text{mm} - 12\text{mm})(8\text{mm})$$

$$At = 144 \text{ mm}^2$$

$$Ft = \frac{At Sy_1}{F.S}$$

$$Ft = \frac{144 \text{ mm}^2 \times 275 \text{ Mpa}}{2.5}$$

$$Ft = 15840 \text{ N}$$

Donde;

At = Área de tensión de elementos

Ft = Fuerza de tensión en elementos

N = Ancho del fleje

De la misma manera se realiza la comprobación del esfuerzo resultante por tensión en los flejes, donde el esfuerzo permitido por el material, supera el generado, lo que indica que los flejes no se verán afectados por fracturas súbitas o por fatiga.

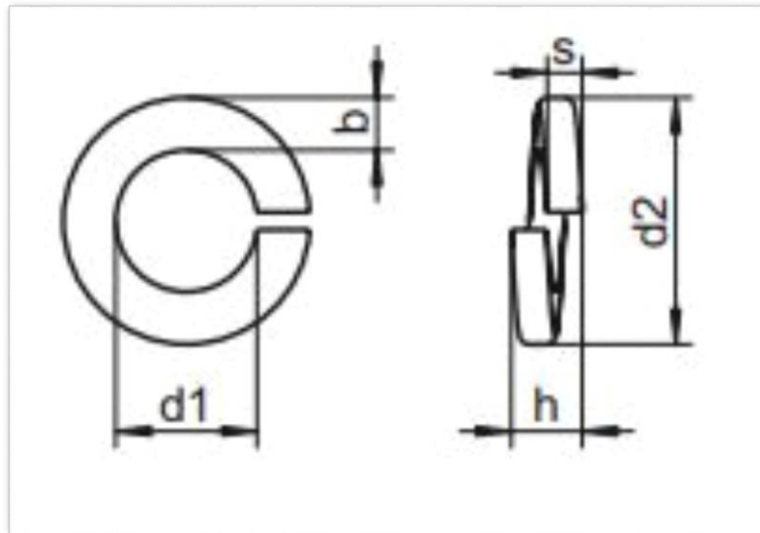
$$\sigma \text{ permisible} > \frac{Ft}{As}$$

$$\sigma \text{ permisible} > \frac{15840 \text{ N}}{144 \text{ mm}^2}$$

$$\mathbf{275 \text{ Mpa} > 110 \text{ Mpa}}$$

8.3.7 Selección de arandelas de sujeción. Debido a la condiciones de operación de la máquina y teniendo en cuenta que el sistema va a estar en constante vibración, las arandelas de sujeción (ver figura 63) son necesarias para asegurar que cada uno de los tornillos y/o pernos involucrados en el agarre de anillos y flejes cumplan la tarea de eliminar el posible desajuste de los mismos a causa de las oscilaciones de la máquina. Por lo cual, se seleccionan arandelas de los diámetros 6,12, y 16 que se ven encerrados en los recuadros rojos de la figura.

Figura 62. Arandela de presión



Fuente: DIN 127 Arandela grower Forma B plana [en línea]. WASI NORM. Barcelona [Consultado: 15 de mayo de 2019]. Disponible en:
https://www.wasi.de/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo_normalizado_2011.pdf

Figura 63. Diámetros de arandelas de presión

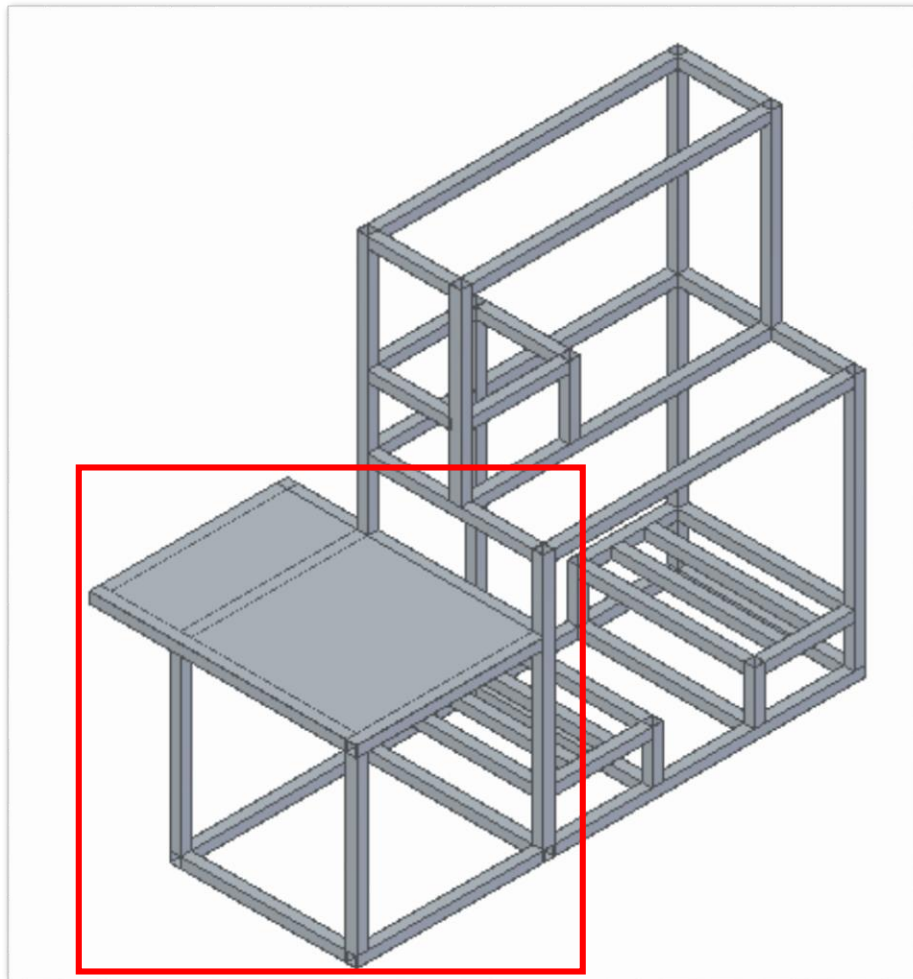
Diámetro nominal	para	d1	d2	h min.	s	b
6	M6	6,1	11,8	3,2	1,6	2,5
8	M8	8,1	14,8	4,0	2,0	3,0
10	M10	10,2	18,1	4,4	2,2	3,5
12	M12	12,2	21,1	5,0	2,5	4,0
14	M14	14,2	24,1	6,0	3,0	4,5
16	M16	16,2	27,4	7,0	3,5	5,0

Fuente: DIN 127 Arandela grower Forma B plana [en línea]. WASI NORM. Barcelona [Consultado: 15 de mayo de 2019]. Disponible en:
https://www.wasi.de/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/kataloge/Catalogo_normalizado_2011.pdf

8.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ESTABILIDAD Y SOPORTE

8.4.1 Cálculo del sistema de estabilidad y soporte. Se realiza el cálculo estructural donde ira soportada la máquina (ver figura 64) por el método LRFD, que tiene como propósito determinar las incertidumbres implicadas debido a la carga que ejerce la máquina sobre la estructura, dicha figura ilustra la estructura propuesta encerrada en el recuadro rojo, la cual se adaptará a la existente en el laboratorio de automatización apreciada en el costado derecho de la misma.

Figura 64. Estructura soporte



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Ecuación 32. Carga Mayorada

$$Pu = 1.4D$$

Fuente: MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero.5 ed. México, Alfaomega, 2013. 106p. ISBN: 978 607 707 559 2

$$Pu = 1.4 (150 \text{ Kgf})$$

$$Pu = 210 \text{ kgf}$$

Donde:

$Pu =$ Carga mayorada

$D =$ Carga muerta (ocasionada por la máquina)

La carga mayorada se determinó con el peso aproximado según el software Solid Edge 2019 (ver figura 65), esta carga es el peso total de la máquina que ira soportado sobre la lámina estructural.

Figura 65. Propiedades físicas del cuenco

Global	
Masa:	124,257 kg
Volumen:	38562250,478 mm ³
Masa de sustitución de cantidad:	124,257 kg
<input type="checkbox"/> Usar como la masa del conjunto	
Centro de masa	
<input type="checkbox"/> Mostrar símbolo	cm
X:	0,50 mm
Y:	-1,11 mm
Z:	124,84 mm
Centro de volumen	
<input type="checkbox"/> Mostrar símbolo	CV
X:	-0,28 mm
Y:	-0,34 mm
Z:	105,14 mm

Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Al obtener el valor del peso de 124.257 kg, extraído del software Solid Edge 2019 y teniendo en cuenta este valor es un aproximado de la máquina sin tener en cuenta el peso de los electromagnetos, tornillos de diferentes roscas y longitudes, tuercas, arandelas de presión, racores rápidos roscados y el peso de la soldadura, por lo que se estima un peso de 150 kg que es el valor tomado anteriormente para el cálculo de la carga mayorada.

Luego de esto, se determina la resistencia de diseño para los elementos sometidos a compresión, en este caso las columnas, con el motivo de saber si sufrirán pandeo debido al peso de la máquina.

Ecuación 33. Resistencia de diseño para elementos sometidos a compresión

$$R_d = \phi * A_g * \sigma_{cr}$$

Fuente: MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero. 5 ed. México, Alfaomega, 2013. 183p. ISBN: 978 607 707 559 2

Donde:

ϕ = Factor de resistencia (0.90)

A_g = Area gross

σ_{cr} = Esfuerzo crítico

De la ecuación 33, se debe tener en cuenta que:

El factor de resistencia, tiene un valor de “0,9 para vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldadura con esfuerzos paralelos al eje de la soldadura, soldaduras de ranura en el metal base, fluencia de la sección total de miembros a tensión”³⁶

El área gross, que es el área de sección transversal del perfil estructural, tiene un valor de 2.25 cm², (ver figura 67).

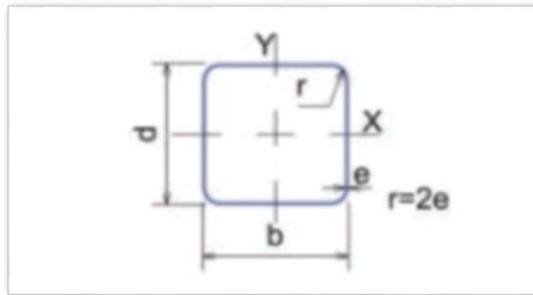
El esfuerzo crítico, determinará la carga axial máxima que se puede aplicar en las columnas sin producir pandeo de las mismas.

- **Selección del perfil del acero**

Para seleccionar el perfil estructural, se tuvo en cuenta el perfil existente en el laboratorio de automatización, que tiene como tamaño 40mm X 40mm de perfil y 1.5mm de espesor (ver figura 67) y material acero A500, por este motivo y la uniformidad que se busca mantener, se selecciona dicho perfil.

³⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 400 de 1997. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 Título F- estructuras metálicas [en línea]. p 46. [consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/6titulo-f-nsr-100.pdf>

Figura 66. Perfil estructural



Fuente: Catálogo de perfil estructural tubular. Disponible en: http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf

Figura 67. Características del perfil estructural

PERFIL CUADRADO											
TAMAÑO PERFIL TAMAÑO NOMINAL		ESPESOR DE PARED e mm	PESO NEGRO (kg/m)	ÁREA cm ²	FLEXIÓN			MÓDULO PLÁSTICO Z _x = Z _y cm ³	TORSIÓN		UNIDAD DE EMPAQUE
PULG.	MM				MOMENTO INERCIA I _x = I _y cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO S _x = S _y cm ³	RADIO DE GIRO r _x = r _y cm		MOMENTO INERCIA J cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO B cm ²	
1 X 1	25 X 25	1,50	1,06	1,35	1,22	0,97	0,95	1,17	2,03	1,48	36
		2,00	1,36	1,73	1,48	1,19	0,93	1,47	2,58	1,82	
		2,50	1,64	2,09	1,69	1,35	0,90	1,71	3,07	2,11	
1 4/7 X 1 4/7	40 X 40	1,50	1,77	2,25	5,49	2,75	1,56	3,22	8,77	4,13	25
		2,00	2,31	2,94	6,94	3,47	1,54	4,13	11,36	5,25	
		2,50	2,82	3,59	8,22	4,11	1,51	4,97	13,79	6,25	

Fuente: Catálogo de perfil estructural tubular. Disponible en: http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf

Posteriormente, se extrae el valor del radio de giro de la figura 67 equivalente a 1,56 cm, valor que posteriormente será utilizado para hallar la relación de esbeltez para elementos sometidos a compresión.

Figura 68. Valores aproximados del factor de longitud efectiva

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

Fuente: MCCORMAC, Jack C. y CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero. 5 ed. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., 2012. 143p ISBN: 978-607-707-559-2.

El valor de longitud efectiva de 0.5, se selecciona debido a que las columnas de la estructura serán empotradas en los dos extremos, por lo que intentará pandearse de la manera en la que lo indica la gráfica (a) de la figura 68.

Ecuación 34. Relación de esbeltez para elementos sometidos a compresión

$$\frac{KL}{rx} \leq 200$$

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 400 de 1997. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 Título F-estructuras metálicas [en línea]. p 47. [consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/6titulo-f-nsr-100.pdf>

$$\frac{(0.5)(65 \text{ cm})}{1.56 \text{ cm}} \leq 200$$

$$20.83 \leq 200$$

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud del elemento

rx = Radio mínimo de la sección

Dado que la relación de esbeltez dio menor que 200 se concluye que el perfil cumple para la aplicación en la que se necesita, soportando la carga por compresión que ejerce la máquina sobre la estructura y asegurando que las columnas no sufran pandeo.

Para finalizar el cálculo del sistema de estabilidad y soporte, se conoce el esfuerzo de fluencia (Fy) del perfil estructural, el esfuerzo último (Fu) y elongación del material (ver figura 69), los cuales son utilizados para hallar el módulo de elasticidad, necesario para determinar el esfuerzo crítico del perfil y determinar si la resistencia de diseño para las columnas sometidas a compresión es la indicada.

Figura 69. Propiedades mecánicas del Acero A500

ESFUERZOS	REDONDOS	CUADRADOS Y RECTANGULARES
Fluencia Fy	3,241 kg/cm ²	3,522 kg/cm ²
Último Fu	4,348 kg/cm ²	4,368 kg/cm ²
Elongación en 2"	21%	21%

Fuente: Catálogo de perfil estructural tubular. Disponible en: http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf

Ecuación 35. Módulo de elasticidad

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Fuente: elaboración propia con base en apuntes cátedra Estructuras

Donde:

E = Modulo de elasticidad

σ = Esfuerzo ultimo

ε = Elongación

$$E = \frac{3522 \frac{kg}{cm^2}}{21\%}$$

$$E = 16771.428 \frac{kg}{cm^2}$$

Ecuación 36. Arriostramiento

$$\lambda = \frac{KL}{\pi r} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

Fuente: MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero.5 ed. México, Alfaomega, 2013. 180p. ISBN: 978 607 707 559 2

$$\lambda = \frac{(0.5)(65 \text{ cm})}{\pi(1.56 \text{ cm})} \sqrt{\frac{3522 \frac{kg}{cm^2}}{16771.428 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$\lambda = 3.039$$

Donde:

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud del elemento

r_x = Radio mínimo de la sección

σ_y = Esfuerzo de fluencia del material

E = Módulo de elasticidad del material

Esfuerzo crítico del perfil

Ecuación 37. Esfuerzo crítico del perfil

$$\sigma_{cr} = \left(\frac{0.877}{\lambda^2} \right) \sigma_y$$

Fuente: MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero.5 ed. México, Alfaomega, 2013. 194p. ISBN: 978 607 707 559 2

$$\sigma_{cr} = \left(\frac{0.877}{3.039^2} \right) \left(3522 \frac{kg}{cm^2} \right)$$
$$\sigma_{cr} = 334.447 \frac{kg}{cm^2}$$

Resistencia de diseño 1

Ecuación 38. Resistencia de diseño 1

$$Rd1 = \phi * Ag * \sigma_{cr}$$

Fuente: MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero.5 ed. México, Alfaomega, 2013. 194p. ISBN: 978 607 707 559 2

$$Rd1 = (0.90)(2.25cm^2) \left(334.47 \frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$Rd1 = 677.25 kg$$

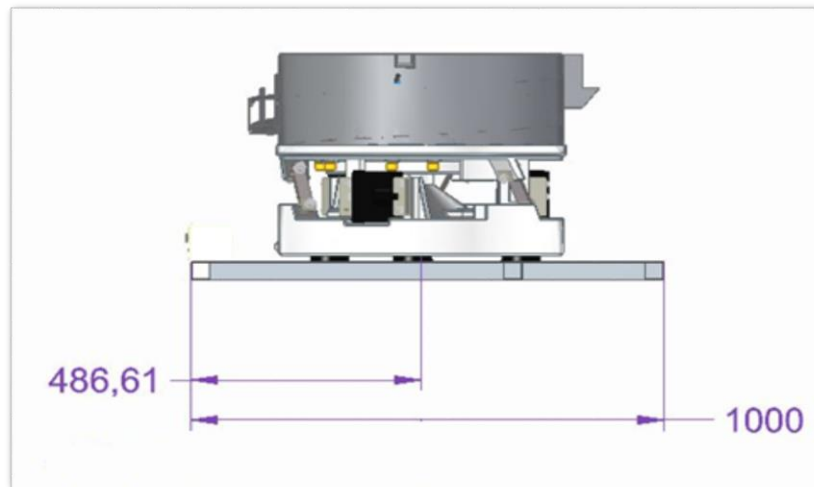
$$Pu \leq Rd1$$

$$210 Kg \leq 677.25 Kg$$

Concluyendo con los cálculos realizados, se obtiene que el valor de la carga mayorada (210 Kgf) no supera el valor de la resistencia de diseño 1 (667.25 Kgf), esto indica que los elementos de la estructura que se comportan como columna no sufrirán pandeo.

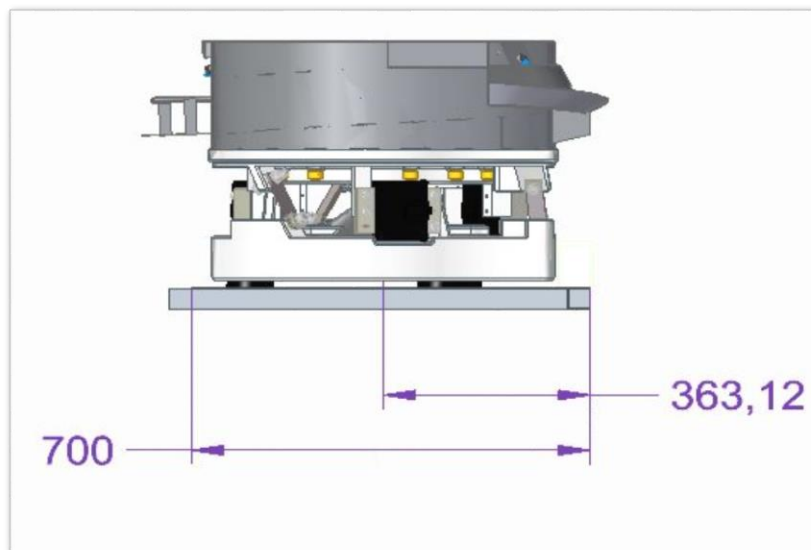
Las figuras 70 y 71, ilustran las vistas laterales de la estructura y la posición de la máquina en mm, con el fin de evidenciar las medidas correspondientes para realizar el análisis de la viga CD, debido a que esta es la viga que más sufre por el peso y vibración de la máquina.

Figura 70. Vista lateral 1



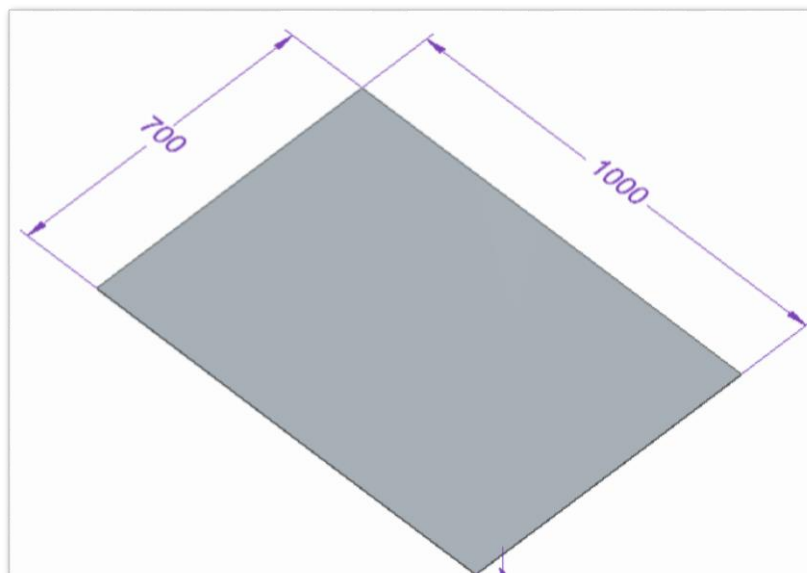
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 71. Vista lateral 2



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

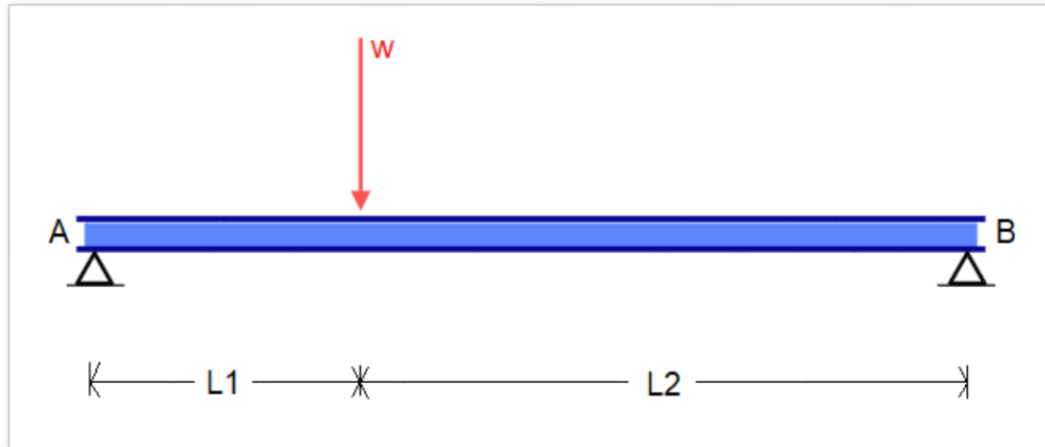
Figura 72. Medidas de la lámina vista superior



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Conociendo las longitudes de la estructura y la lámina mostradas en las figuras 70, 71 y 72 todas las medidas mostradas se encuentran en mm, se describen brevemente los puntos y cotas relevantes del diagrama ilustrativo de la figura 73, siendo esa la vista superior de la máquina.

Figura 74. Diagrama de cuerpo libre viga AB (empotramientos)



Fuente: elaboración propia con base en el software SkyCiv

Figura 75. Diagrama de cuerpo libre viga AB (Reacciones)



Fuente: elaboración propia con base en el software SkyCiv

Se halla momento en A (M_a) y la sumatoria de fuerzas en “Y” para conocer los valores de las reacciones producidas en cada uno de los extremos de la viga AB (ver figura 75), siendo A el punto de mayor relevancia, debido a que allí se concentra la carga puntual equivalente a una porción de la carga puntual de la máquina (W) que afectara directamente la viga CD, posteriormente se obtiene R_a con el fin de determinar la reacción en el punto crítico (Punto D o punto de soldadura).

$$\sum M_a = 0$$

$$R_b(0.7m) - W(L1) = 0$$

$$R_b(0.7 m) + (1470 N * 0.21316 m) = 0$$

$$R_b = \frac{(1470 N * 0.21316 m)}{0.7 m}$$

$$R_b = 447.636 N$$

Obteniéndose R_b se procede a hallar R_a

$$\sum F_y = 0$$

$$R_a - W + R_b = 0$$

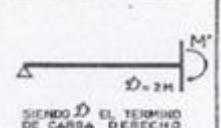
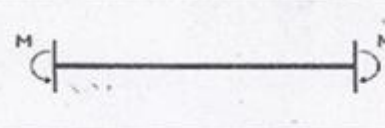
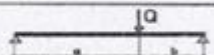
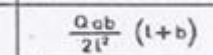
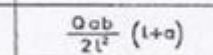
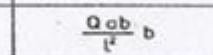
$$R_a = W - R_b$$

$$R_a = 1470 \text{ N} - 447.636 \text{ N}$$

$$R_a = 1022,364 \text{ N}$$

Antes de hallar la reacción en el punto de soldadura o punto D, se calculan los momentos de empotramiento de la viga CD, estos se realizan por medio de las ecuaciones (empotramiento en ambos apoyos) extraídas de la figura 76, debido a que la viga es estáticamente indeterminada.

Figura 76. Momentos de empotramiento para piezas de $I = \text{CTE}$

	EMPOTRAMIENTO EN UN APOYO		EMPOTRAMIENTO EN AMBOS APOYOS	
				
CARGAS				
	$\frac{Qab}{2l^2} (l+b)$	$\frac{Qab}{2l^2} (l+a)$	$\frac{Qab}{l^2} b$	$\frac{Qab}{l^2} a$

Fuente: UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. [sitio web]. Montevideo: Estabilidad de las construcciones II. (Consulta: 27 mayo 2019) Archivo pdf. Disponible en: http://www.fadu.edu.uy/estabilidad-ii/files/2012/06/Panorama-conceptual_Ficha-N%C2%B02-M%C3%A9todo-de-Cross.pdf

$$M = M_c = \frac{Qab}{l^2} b$$

$$M = M_c = \frac{(1022,364 \text{ N}) * 0.32612\text{m} * 0.29388\text{m}}{(0.62\text{m})^2} (0.29388\text{m})$$

$$M = M_c = -74.9099 \text{ Nm}$$

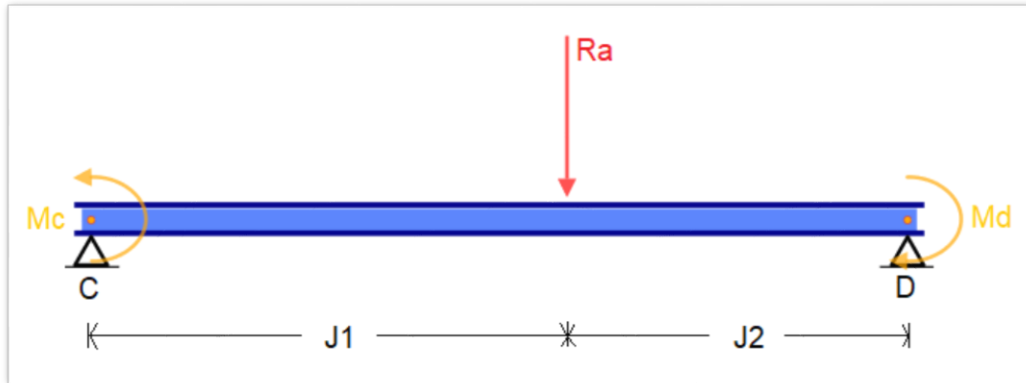
$$M' = M_d = \frac{Qab}{l^2} a$$

$$M' = M_d = \frac{(1022.364 \text{ N}) * 0.32612\text{m} * 0.29388\text{m}}{(0.62\text{m})^2} (0.32612\text{m})$$

$$M' = M_d = 83.1279 \text{ Nm}$$

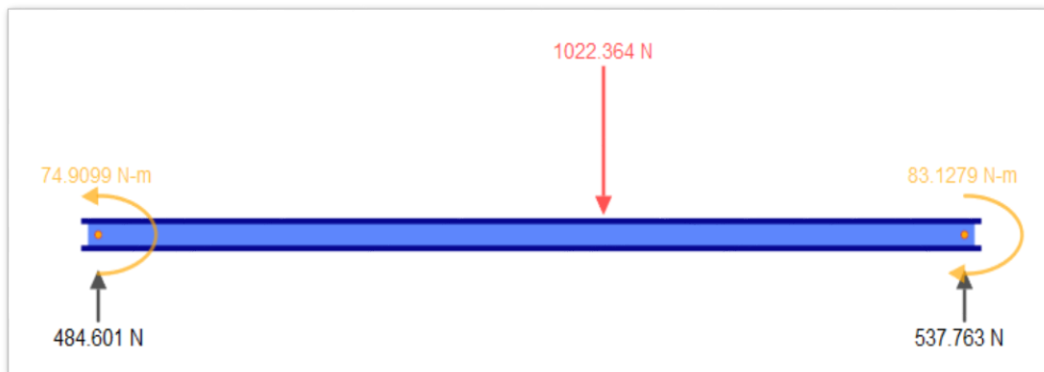
Al haberse obtenido la reacción (Ra) y los momentos de empotramiento, se calcula la reacción en el punto D de la misma manera, el valor resultante será el que se ejerce en dicho punto debido al peso de la máquina.

Figura 77. Diagrama de cuerpo libre viga CD (empotramientos)



Fuente: elaboración propia con base en el software SkyCiv

Figura 78. Diagrama de cuerpo libre viga CD (Reacciones)



Fuente: elaboración propia con base en el software SkyCiv

Donde;

$$J1 = 0.32612 \text{ m}$$

$$J2 = 0.29388 \text{ m}$$

$$\sum M_c = 0$$

$$R_d(0.62\text{m}) - R_a(J1) = 0$$

$$R_d(0.62\text{m}) - (1022,364 \text{ N} * 0.32612 \text{ m}) = 0$$

$$Rd = \frac{(1022,364 \text{ N} * 0.32612 \text{ m})}{0.62 \text{ m}}$$

$$Rd = 537.763 \text{ N}$$

Obteniéndose Rd se procede a hallar Rc

$$\sum Fy = 0$$

$$Rc - Ra + Rd = 0$$

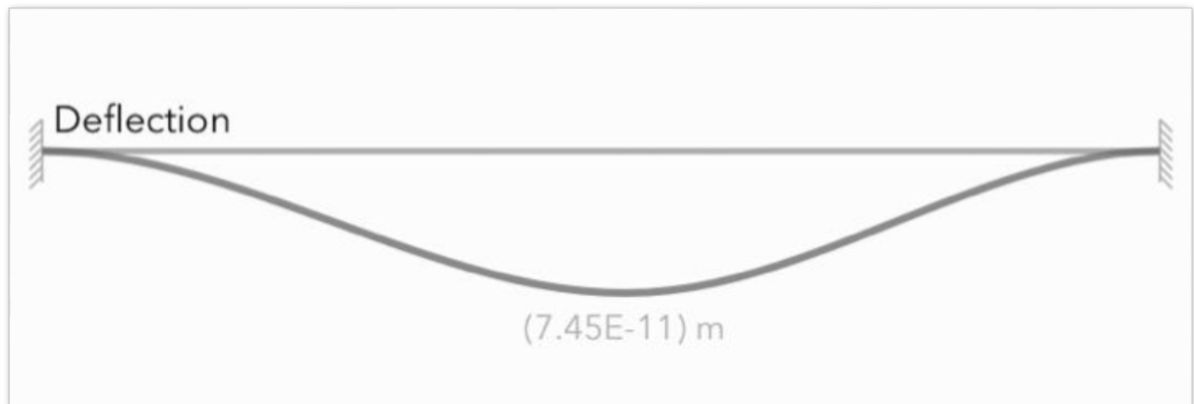
$$Rc = Ra - Rd$$

$$Rc = 1022,364 \text{ N} - 537.763 \text{ N}$$

$$Rc = 484.601 \text{ N}$$

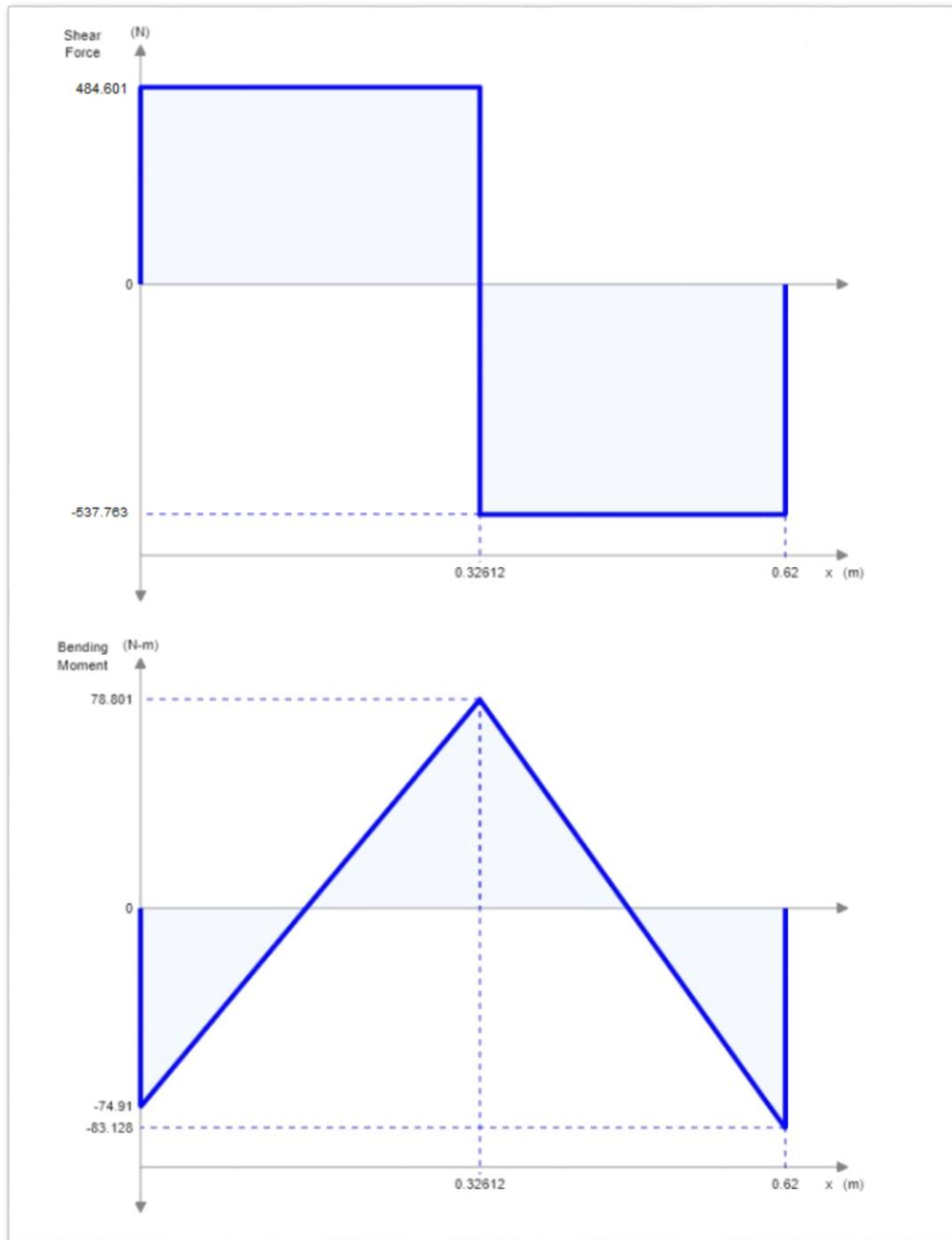
Luego se elabora el diagrama de deflexión máxima de la viga CD (ver figura 79) que tuvo como resultado $7.45 \times 10^{-11} \text{ m}$ y los diagramas de fuerza cortante y momento flector (ver figura 77) para conocer cómo se comporta el conjunto de cargas transversales y condiciones de apoyo en la estructura, donde se concluye que la fuerza cortante máxima (V_{max}) es de 484,601 N y el momento flector máximo (M_{max}) de 78,001 Nm.

Figura 79. Deflexión máxima de la viga CD



Fuente: elaboración propia con base en el software A-beam lite

Figura 80. Diagrama de fuerza cortante y momento flector



Fuente: elaboración propia con base en el software SkyCiv

Se continua con la realización del cálculo del espesor que deberá tener la lámina que ira sobre los elementos de la estructura (vigas) donde se soportará la máquina, para ello se debe conocer el módulo elástico del material, que está dado en la figura 81, equivalente a 2.75 cm^3 .

Esfuerzo admisible

$$\sigma_{actuante} = \frac{M}{S}$$

Donde:

M = Momento flector

S = Modelo de selección del espesor

$$\sigma_{actuante} = \frac{83.1279 \text{ Nm}}{2.75 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{actuante} = 30.23 \text{ Mpa}$$

Figura 81. Módulo elástico acero A500

PESO NEGRO (kg/m)	ÁREA cm ²	FLEXIÓN		
		MOMENTO INERCIA I _x = I _y cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO S _x = S _y cm ³	RADIO DE GIRO r _x = r _y cm
1,06	1,35	1,22	0,97	0,95
1,36	1,73	1,48	1,19	0,93
1,64	2,09	1,69	1,35	0,90
1,77	2,25	5,49	2,75	1,56

Fuente: Catálogo de perfil estructural tubular. Disponible en: http://www.tuboscolmena.com/web/fichas/ESTRUCTURAL_CERRADO.pdf

Se despeja h para determinar el espesor de la lámina

$$S = \frac{M}{\sigma_{admisible}} = \frac{1}{6} * b * h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{M}{\sigma_{admisible} * \frac{1}{6} * b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{83.1279 \text{ Nm}}{30228327.27 \text{ Pa} * \frac{1}{6} * 1 \text{ m}}}$$

$$h = 4.85 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$h = 4.85 \text{ mm}$$

Se concluye que el espesor mínimo para que no exista flexión en la lámina soporte es de 4.85 mm, por lo que se selecciona una lámina de acero ASTM A-36 con un espesor por encima del obtenido según fabricante, siendo esta una lámina calibre 3 de 1m x 2m, como lo indica la figura 82, sin embargo se le hará un recorte para obtener las medidas requeridas por el diseño de la misma, las cuales son de 1m x 0.7m

Figura 82. Espesor de lámina estructural acero A36

ESPESOR			PESO(KG)			
Milímetros	Calibre	Pulgadas	1000 x 2000	1200 x 2400	1000 x 6000	1200 x 6000
4,00	8		62,80	90,43	188,40	226,08
4,50	7	3/16	70,65	101,74	211,95	254,34
6,00	3	1/4	94,20	135,65	282,60	339,12
8,00	-	5/16	-	180,86	-	452,16
9,00	-	3/8	-	203,47	-	508,68

Fuente: Catálogo de lámina hot rolled. Disponible en: https://www.svcmscentral.com/SVsitefiles/lacampananew/producto/doc/ae20fd_lamina_hot_rolled.pdf

Finalmente, se calcula el factor de seguridad para el perfil estructural de acero A500 y la lámina de acero ASTM A36 (ver figura 83 y 84 respectivamente), conociendo el esfuerzo de fluencia de cada uno de estos materiales, se proceda a realizar el cálculo correspondiente.

Figura 83. Propiedades del acero A500

Physical Properties	Metric	English
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	400 MPa	58000 psi
Tensile Strength, Yield	315 MPa	45700 psi
Elongation at Break	23.0 %	23.0 %

Fuente: EAGLE National Steel, ASTM A500 STEEL. En: EAGLE National Steel. [sitio web]. Texas: shaped structural tubing. [consulta 12 septiembre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://eaglesteel.com/wp-content/uploads/2016/04/ASTM_A500_Grade_B.pdf

Figura 84. Material de la lámina ASTM A36

Physical Properties	Metric	English
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi
Elongation at Break	20.0 %	20.0 %
	23.0 %	23.0 %

Fuente: MATWEB, ASTM A500 STEEL. En MATWEB. [sitio web]. material property data. [consulta 12 septiembre 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://amet-me.mnsu.edu/userfiles/shared/DATA_ACQUISITION/mts/met277/9_13-12/MaterialData_14015-A36HotRolled.pdf

Para el cálculo del factor de seguridad del perfil estructural se pasaron las unidades del valor del esfuerzo crítico del perfil a Mpa, obteniendo un valor de 32,798 Mpa

$$F.S_{PERFIL} = \frac{315 \text{ Mpa}}{32,798 \text{ Mpa}}$$

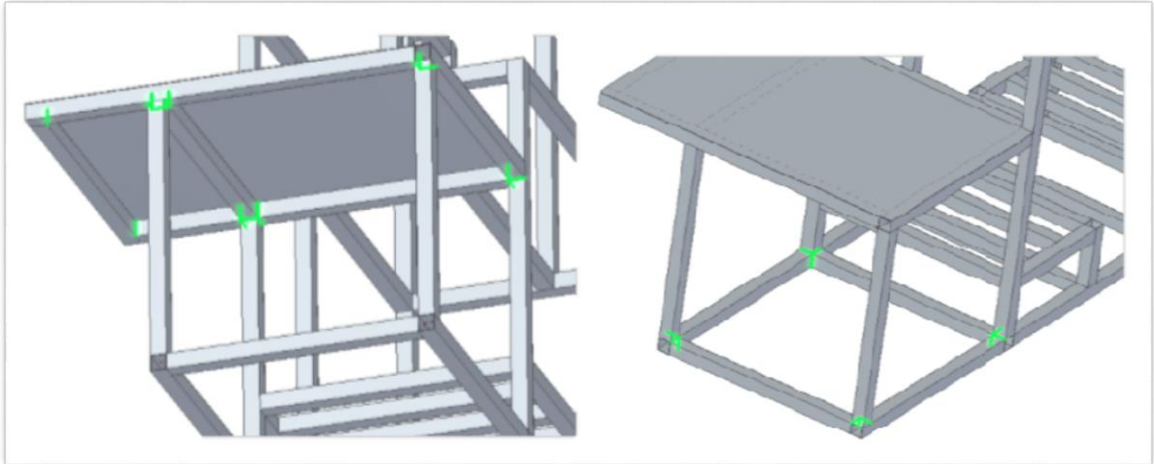
$$F.S_{PERFIL} = 9,6$$

$$F.S_{LÁMINA} = \frac{250 \text{ Mpa}}{30,23 \text{ Mpa}}$$

$$F.S_{LÁMINA} = 8,27$$

8.4.2 Cálculo de soldadura del sistema de estabilidad y soporte. Se realiza el análisis a la soldadura por dos tipos de cargas para determinar la fuerza por pulgada de soldadura en el punto más crítico de la estructura y se compara con la fuerza admisible del material de aporte.

Figura 85. Uniones soldadas de la estructura



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Como se halla en el inciso 8.4.1 el punto más crítico de la estructura es el punto D como se ilustra en la figura 78, el cual soporta la mayor carga de la máquina y donde se realiza el cálculo de soldadura.

Ecuación 39. Carga por Flexión

$$f1 = \frac{M}{S_w}$$

Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 785p. ISBN: 970 26 0812 0

Ecuación 40. Cortante vertical directo

$$f2 = \frac{V}{A_w}$$

Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 785p. ISBN: 970 26 0812 0

Donde;

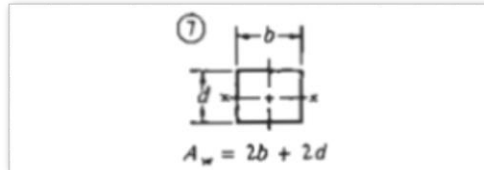
f = Fuerza por pulgada de lado de soldadura

M = Momento

V = Cortante

A_w = Pulgada de soldadura

Figura 86. Factor geométrico



Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 786p. ISBN: 970 26 0812 0

Se extrae la ecuación de la figura 83

$$A_w = 2b + 2d$$

Donde;

b : 40 mm = 1.5748 in

d : 40 mm = 1.5748 in

$P = 1022.364 \text{ N} = 104.05 \text{ kgf}$

Siendo $b \times d$ las dimensiones del perfil estructural, se halla el factor geométrico y las cargas aplicadas sobre la placa,

$$A_w = 2(1.5748 \text{ in}) + 2(1.5748 \text{ in})$$

$$A_w = 6.2992 \text{ in}$$

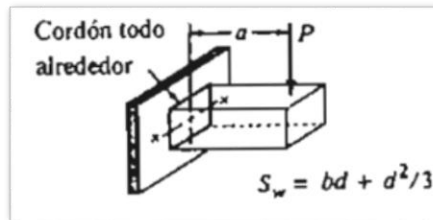
$$V = P$$

$$P = 104.05 \text{ kg} \left(\frac{2.20462 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \right)$$

$$P = 229.39 \text{ lb}$$

$$f_2 = \frac{229.39 \text{ lb}}{6.2992 \text{ in}}$$

$$f_2 = 36.4158 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$



Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 786p. ISBN: 970 26 0812 0

$$M = Pa$$

$$M = 104.05 \text{ Kg} \left(\frac{2.20462 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \right) * 11.57 \text{ in}$$

$$M = 2654.05 \text{ lb in}$$

$$f1 = \frac{M}{S_w}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

$$S_w = (1.5748 \text{ in})(1.5748 \text{ in}) + \frac{(1.5748 \text{ in})^2}{3}$$

$$S_w = 3.3066 \text{ in}^2$$

$$f2 = \frac{2654.05 \text{ lb in}}{3.3066 \text{ in}^2}$$

$$f2 = 802.6524 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Se realiza la sumatoria de las fuerzas de cortante vertical directo y por flexión para hallar la fuerza máxima actuante sobre la soldadura.

$$f_R = \sqrt{f1^2 + f2^2}$$

$$f_R = \sqrt{\left(36.4158 \frac{\text{lb}}{\text{in}} \right)^2 + \left(802.6524 \frac{\text{lb}}{\text{in}} \right)^2}$$

$$f_R = 803.4780 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Se halla la longitud necesaria de lado

Ecuación 41. Lado requerido para el cordón

$$w = \frac{\text{fuerza máxima sobre la soldadura}}{\text{Esfuerzo admisible}}$$

Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 785p. ISBN: 970 26 0812 0

$$w = \frac{803.4780 \frac{lb}{in}}{11200 \frac{lb}{in}}$$

$$w = 0.0717 \text{ in}$$

Concluyendo los cálculos realizados anteriormente, se obtiene que el tamaño mínimo del cordón de soldadura de chaflán para un perfil estructural de 40mm x 40mm x 1,5mm es de 0.0717 pulgadas, debido a que el espesor de la placa es menor a ½ in, la figura 87 indica lo mencionado.

Figura 87. Tamaños mínimos de cordón para placas gruesas

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

Fuente: MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 787p. ISBN: 970 26 0812 0

Se selecciona un electrodo de 3/16 de pulga, y se recomienda usar el electrodo AWS E7018-1, esta selección se puede apreciar en la figura 85:

Figura 88. Propiedades del electrodo AWS E7018-1

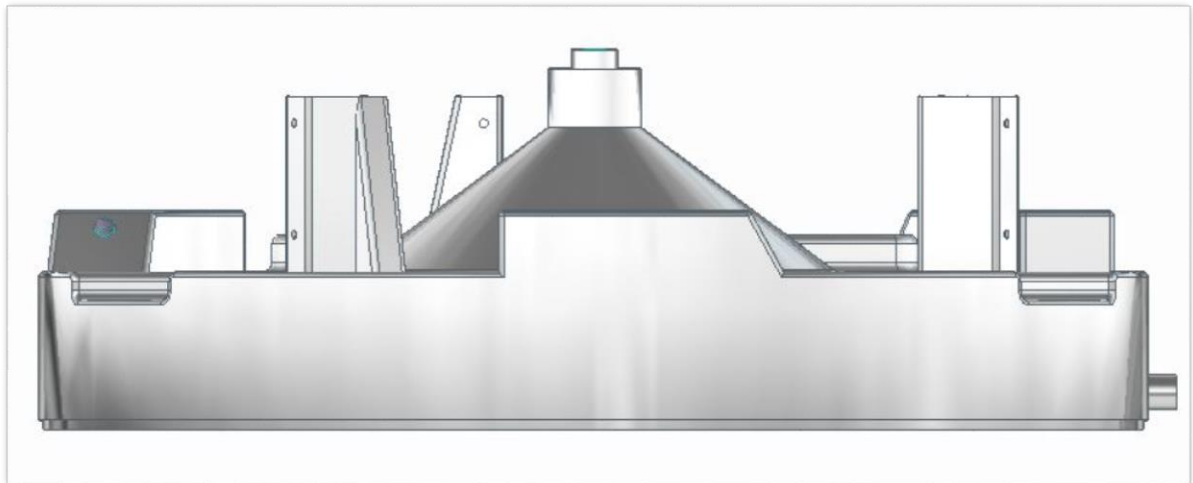
Resistencia a la Tracción (psi)	Limite de Fluencia (psi)	Elongación (%)	Resistencia al impacto Charpy con entalla en V		Posición para soldar	Tipo de Corriente	AMPERIOS			
							3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
70.000 80.000	58.000 70.000	22 al 36	-29 -46	100 60	TODAS, excepto progresión descendente	ac o dcep	70 -100	100 -145	135 -200	170 -270

Fuente: ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO (AWS A5.1) [en línea]. CONSUMIBLES COMUNES PARA SOLDAR. Bogotá [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentation/upload/catalogo-resumido-westarco.pdf>

8.4.3 Selección de material para la base de la máquina. Las empresas fabricantes de este tipo de máquinas, seleccionan varios tipos de materiales para la fabricación de las bases, como fundiciones, o uniones soldadas de acero. Para la base de este proyecto se seleccionó una aleación AISi 12 Cu por sus beneficios para diseñar piezas de formas complejas y posee resistencia a la fatiga como lo dice Rodríguez³⁷.

En el anexo J se encuentran las propiedades mecánicas de la aleación.

Figura 89. Base de máquina

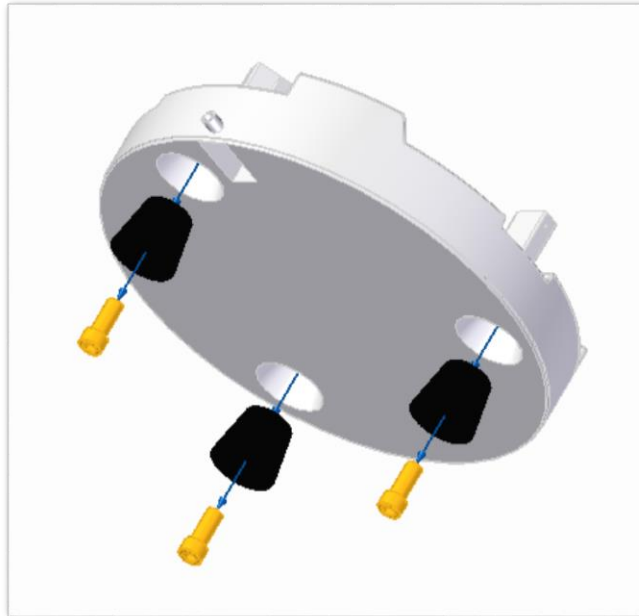


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

³⁷ RODRÍGUEZ MONTAÑÉS, ROSA. Implantación de una unidad productiva dedicada a la fabricación de estructuras soldadas de aluminio [en línea]. Tesis de maestría. Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat de ingeniería mecànica. 2005. Anexo g. [Consultado: 16 de agosto de 2019]. Disponible en Internet: Repositorio Educativo Digital UPC. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/2833/41774-8.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

8.4.4 Selección de material para el soporte de la máquina. Debido a la vibración producida por el efecto centrífugo de la máquina, se busca un material que se encargara de atenuar las vibraciones, dicho material es un neopreno flexible, el cual tiene unas propiedades adecuadas para las condiciones a las que la máquina estará funcionando, lo mencionado anteriormente se toma como referencia de Automation Devices³⁸ para posteriormente seleccionar el indicado, con la dureza apta para absorber las oscilaciones emitidas por los electromagnetos.

Figura 90. Soportes de la máquina



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

La selección de las patas en material de neopreno se hace con referencia a CHAVAN, ASKHEDKAR y SANAP los cuales plantean que el uso de neopreno como atenuador de vibración es el más adecuado “Se realiza un análisis comparativo para la selección de material donde el caucho y el neopreno eran adecuados con el mayor porcentaje de aislamiento obtenido. el neopreno muestra que el material de neopreno da el mayor aislamiento de vibraciones”³⁹

³⁸ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC. Patas de goma. [Consulta: 10 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/vibratory-feeder-rubber-feet>

³⁹ V.S. CHAVAN; R. ASKHEDKAR and S.B. SANAP. “Analysis of Anti Vibration Mounts for Vibration Isolation In Diesel Engine Generator Set [en línea].En: / International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). University of Pune. May-Jun 2013, vol. 3, p.1423-1428. [consultado: 20 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/df24/a4f87313bd49f199bca89846f3d750616c35.pdf>. ISSN: 2248-9622.

Teniendo en cuenta lo anterior, se selecciona un tipo de neopreno que soporté carga y atenué las vibraciones producidas durante el uso de la máquina. Se selecciona según una dureza shore.

Figura 91. Dureza shore del neopreno

Soft	(White)	resilience	45 ± 5	Sh
Medium	(Red)	resilience	55 ± 5	Sh
Hard	(Black)	resilience	65 ± 5	Sh.
Sh. = Shore Hardness				

Fuente: IAC ACOUSTICS, Vibration and Vibration Isolation. Artículo pdf. Disponible en: https://iac-nordic.com/downloads/vibration-isolation/AVM_Catalogue_5.00_en.pdf

Para la selección de la dureza del neopreno adecuada para la máquina, se opta por un neopreno con 65±5 shore que proporciona una alta capacidad de carga, buena absorción de impactos debido a su mayor nivel de amortiguación y rendimiento de aislamiento de vibración media.

Se utiliza una gráfica para saber cuántos dB se van a disminuir con el uso de soportes de neopreno, como lo muestra IAC ACOUSTICS en su catálogo ver ANEXO Q, en la cual se cruza los RPM producidos a 60 Hz los cuales son 3600rpm, y se cruza con la línea de aislamiento de vibraciones la cual se selecciona a criterio del diseñador, la capacidad de atenuación de las vibraciones la cual es del 98%, cruzando estos dos criterios nos da como resultado la deflexión estática máxima la cual es 3.7 mm y una reducción de 34dB.

8.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

De acuerdo a los resultados arrojados por el método de poderación lineal Scoring, se selecciona un controlador de amplitud individual como se ilustra en la figura 92, el cual tiene como función proporcionar la frecuencia de trabajo a los electromagnetos, los cuales son los encargados de imprimir el movimiento y la velocidad de alimentación de la máquina.

La empresa Automation Devices es fabricante de este tipo de controladores de amplitud, se seleccionó un controlador de amplitud modelo 6400, el menú de configuración es fácil de manipular, poniéndolo en funcionamiento en poco tiempo, cuenta con un ajuste de inicio suave con mensajes de línea de estado, pantalla digital, regula la vibración del alimentador ajustándolo en el tablero del mismo, donde indicará la frecuencia a la que vibra actualmente, al variarla, se interactúa

con el incremento o disminución de la misma buscando la adecuada para lograr la velocidad de transporte de la pieza que se desea, reduce la variación de la tasa de piezas a medida que la línea de alimentación se desvía y evita que la contrapresión excesiva atasque el proceso de ensamblaje⁴⁰.

De ser implementado e importado este modelo de controlador, se debe remitir a la guía de instalación del fabricante para entablar las conexiones necesarias y así poder ejercer su función.

Figura 92. controlador individual



Fuente: AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC, Model 6400 Series Amplitude Controller for Vibratory Feeders. [Consulta: 10 abril 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/model-6400-series-amplitude-controllers-for-vibratory-feeders>

8.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN.

De acuerdo a los resultados arrojados por el método de ponderación lineal Scoring, se seleccionó un vibrador eléctrico o electromagneto modelo WSB011001 el cual fue escogido del fabricante kendrion, ilustrando los datos técnicos de este en la figura 93.

Para el diseño de la máquina se optó por escoger tres de estos vibradores, con el fin de que la vibración emitida, sea transmitida a los grupos de flejes de la máquina.

⁴⁰ AUTOMATION DEVICES INC. [sitio web]. Pennsylvania: AUTOMATION DEVICES INC, Model 6400 Series Amplitude Controller for Vibratory Feeders. [Consulta: 10 abril 2019]. Disponible en: <https://www.autodev.com/model-6400-series-amplitude-controllers-for-vibratory-feeders>

El vibrador eléctrico va paralelo al grupo de flejes, con el fin de que la brecha existente entre estos, ejerza una mayor transmisión de potencia de vibraciones, debido a que entre más grande sea este espacio, menor será la potencia y se tendrán más amplificaciones de onda.

De ser implementado e importado este modelo de vibrador eléctrico, se debe remitir a la guía de instalación del fabricante para entablar las conexiones necesarias y así poder ejercer su función.

Figura 93. Datos técnicos del vibrador eléctrico o electromagneto

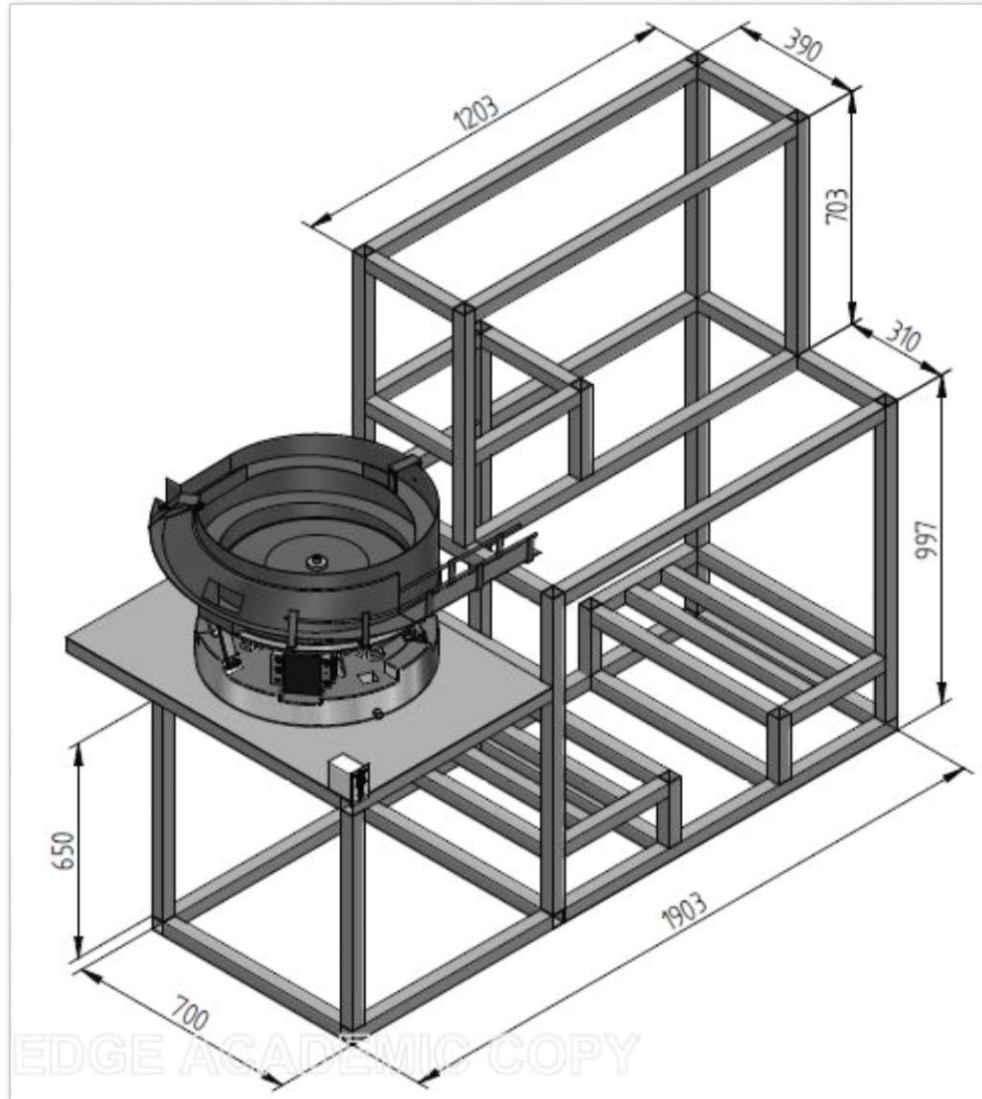
Designation	WSB011001
Nominal air gap [mm]	3.5
Connection at 50 Hz [VA]	650.0
Peak force at nominal air gap [N]	320.0
Connection via one-way rectifier [VA]	730.0
Peak force at nominal air gap at rectifier [N]	360.0
Armature weight [kg]	1.00
Magnet weight [kg]	6.43

Fuente: KENDRION. En: KENDRION. [sitio web]. Donaueschingen: Kendrion. Oscillating line electromagnetic vibrating systems. [Consulta 10 febrero 2019]. Archive pdf. Disponible en: <https://www.kendrion.com/attachment/IMS/ims-Kendrion-vibrating-solenoids-Oscillating-Line-en.pdf>

9. MANUALES

9.1 MANUAL DE ENSAMBLE

Figura 94. Máquina alimentadora de botellas



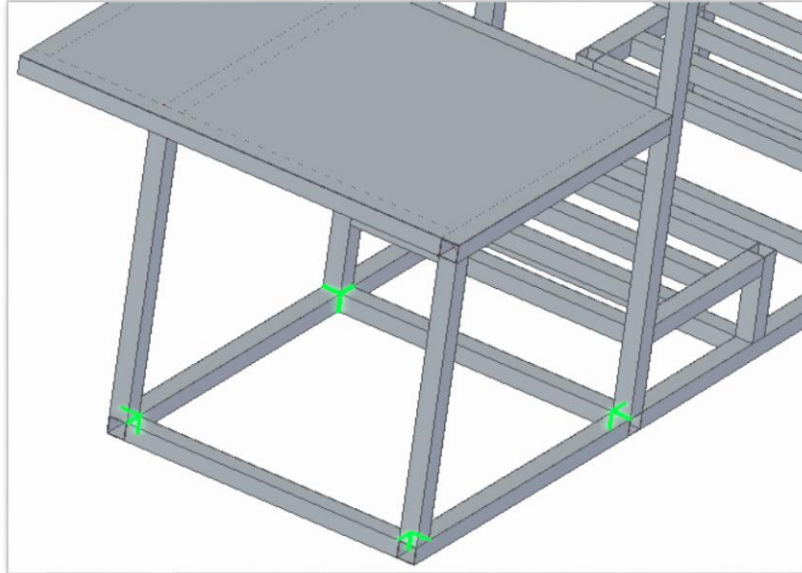
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

La figura 91. representa la ubicación de la máquina en la posición adecuada sobre la estructura propuesta; antes de ensamblar la máquina, se debe observar, que el lugar donde será ubicada, esté listo y limpio, además se recomienda que la persona encargada de realizar el ensamblaje cuente con los conocimientos necesarios para realizar el montaje correctamente, o que sea supervisado por una persona que si los tenga. A continuación, se describirá paso por paso del orden en el que tendrá que ser ensamblado cada componente de la máquina.

Paso 1. Ensamble estructural. En este paso se fijan previamente los perfiles cuadrados con medidas de 40mm x 40mm x 1,5 mm, a la estructura ya existente en el laboratorio, por medio de una soldadura con un electrodo AWS E7018, estos perfiles irán ubicados verticalmente en las esquinas del mesón.

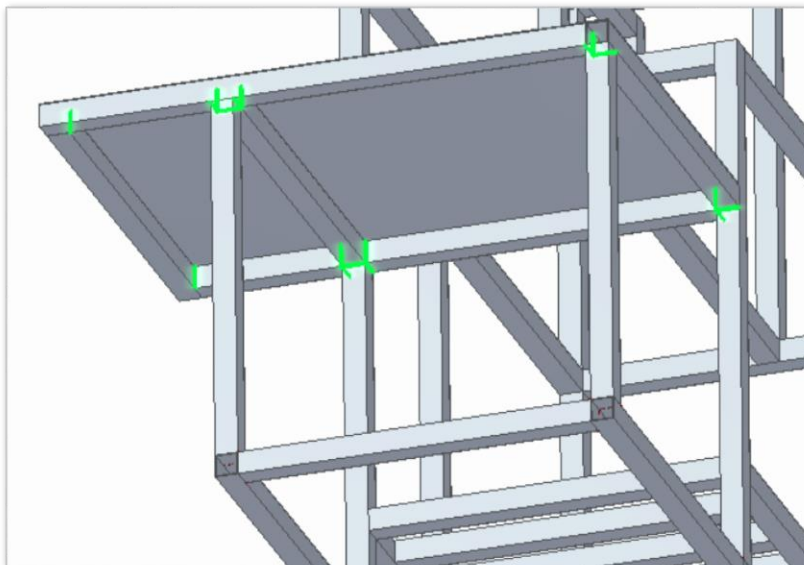
Las figuras 95 y 96, ilustran dónde irán las uniones soldadas de toda la estructura

Figura 95. Soldaduras parte baja de la estructura



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

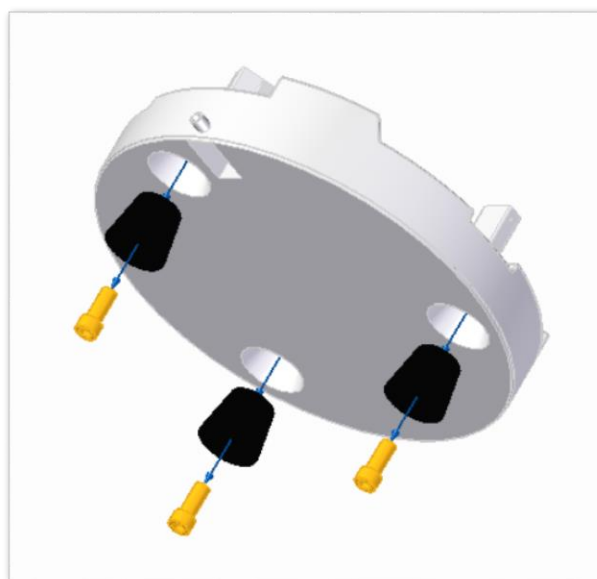
Figura 96. Soldaduras parte alta de la estructura



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

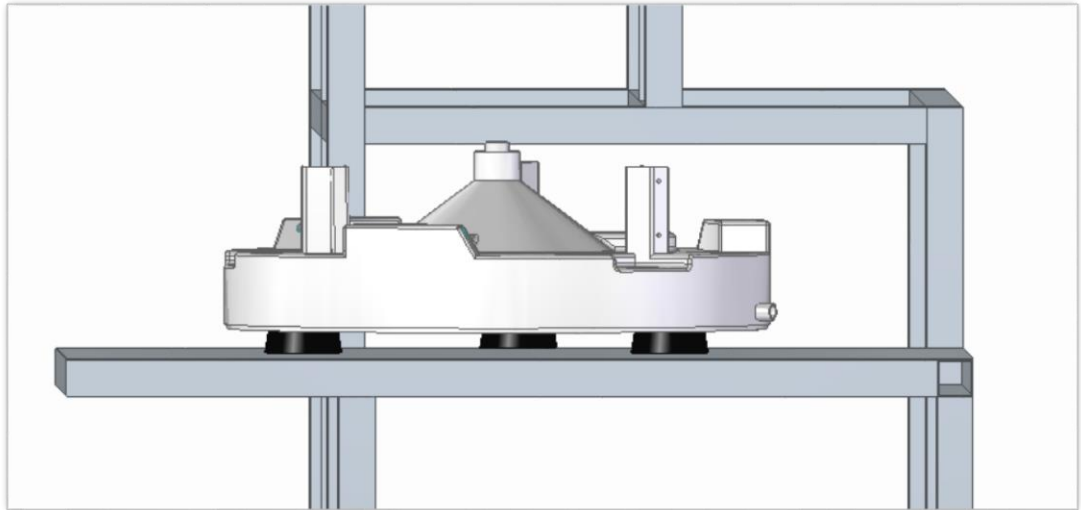
Paso 2. Ensamblaje de las patas soporte de la máquina. Se atornillan las patas a la base ilustrada en la Figura 97, de tal manera que quede equilibrada (ver figura 98), debido a que en ella irán soportados los demás componentes de la máquina y se necesita estabilidad para que la máquina opere en buenas condiciones.

Figura 97. Posición de los tornillos y patas de goma



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

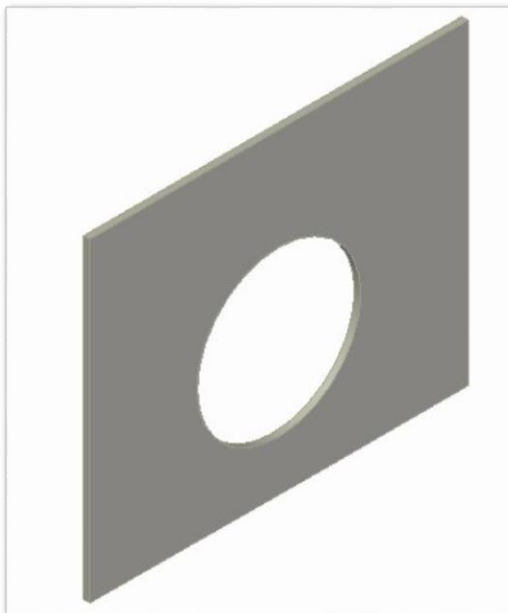
Figura 98. Base en equilibrio



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

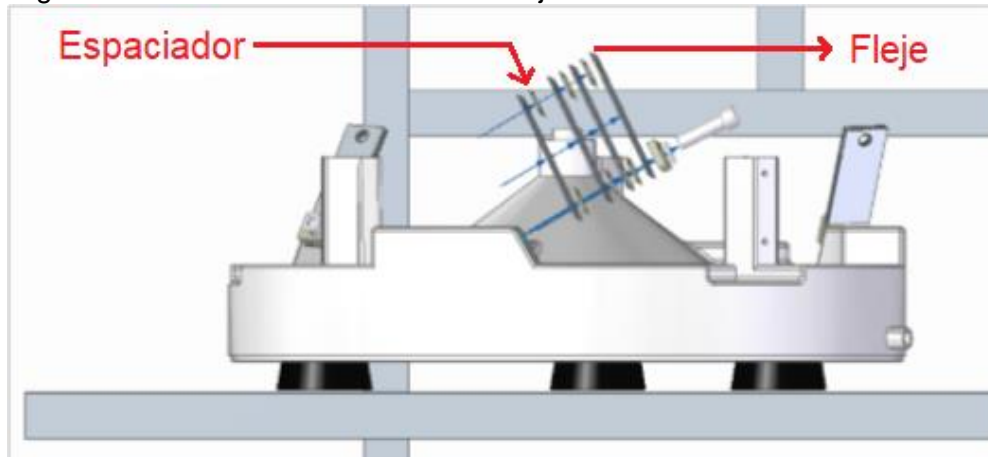
Paso 3. Ubicación de los grupos de flejes. Ubicar los 3 grupos de flejes de 4 hojas cada uno, como se indica en la figura 99. Cada hoja tendrá una dimensión de 120mmx40mmx1,25mm y deberá llevar un espaciado entre hoja y hoja de 0,5mm, el cual se logrará con un espaciador ilustrado en la figura 96.

Figura 99. Espaciador



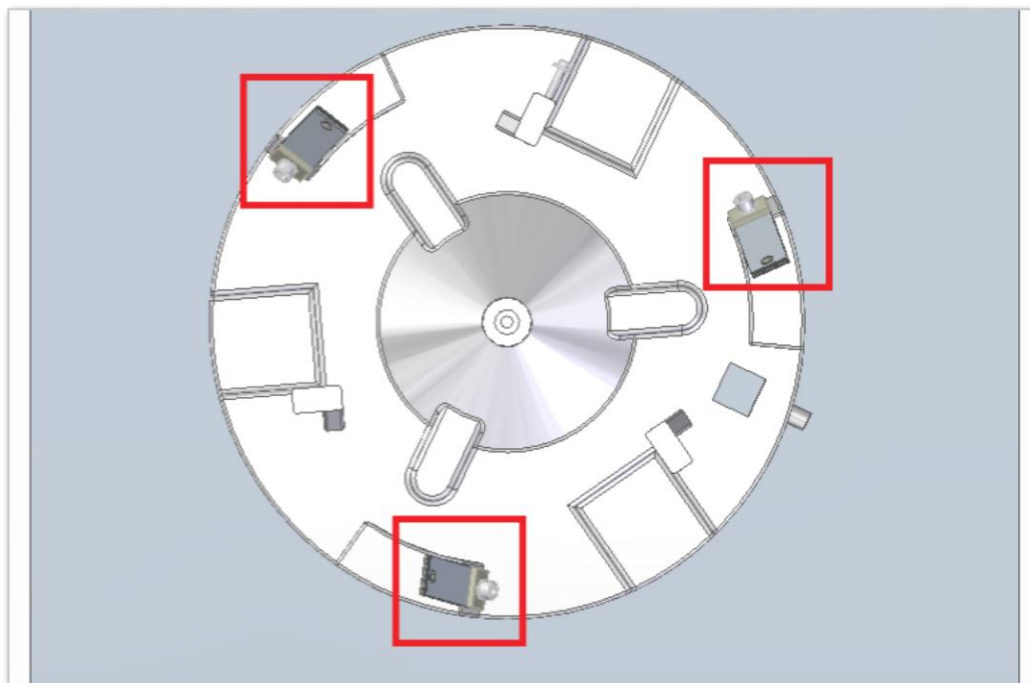
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 100. Correcta ubicación de los flejes



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 101. Correcta ubicación de los flejes (vista superior)

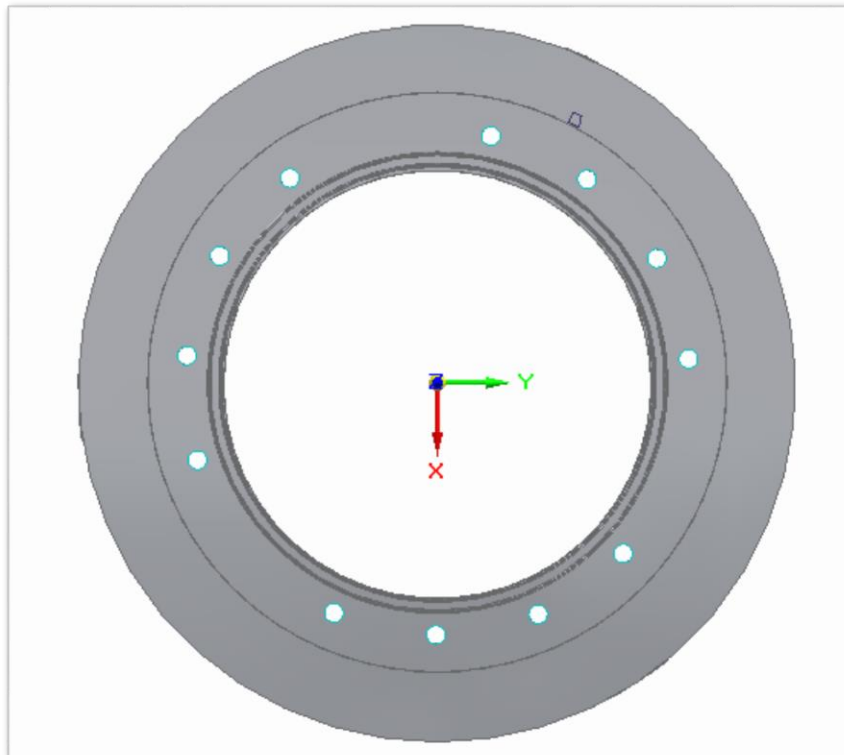


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Paso 4. Posicionamiento de los anillos. Posicionar los anillos 1, 2 y 3 (ver figuras 102, 104 y 106 respectivamente), de manera que queden alineados con cada uno de los agujeros por donde pasaran los pernos, los cuales se encargan de ajustar y dar estabilidad entre la base y el cuenco, brindándole un excelente equilibrio a la máquina.

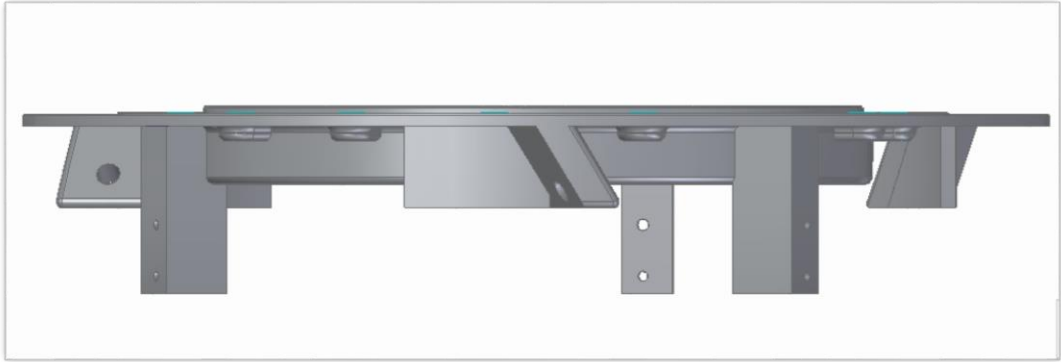
La manera correcta de hacer este ensamble se ilustra en la figura 107, finalizando con un ensamblaje parcial (ver figura 109) que muestra de manera clara la posición final de los anillos y el ensamblaje de tornillos de sujeción de los mismos.

Figura 102. Anillo 1 (Vista superior)



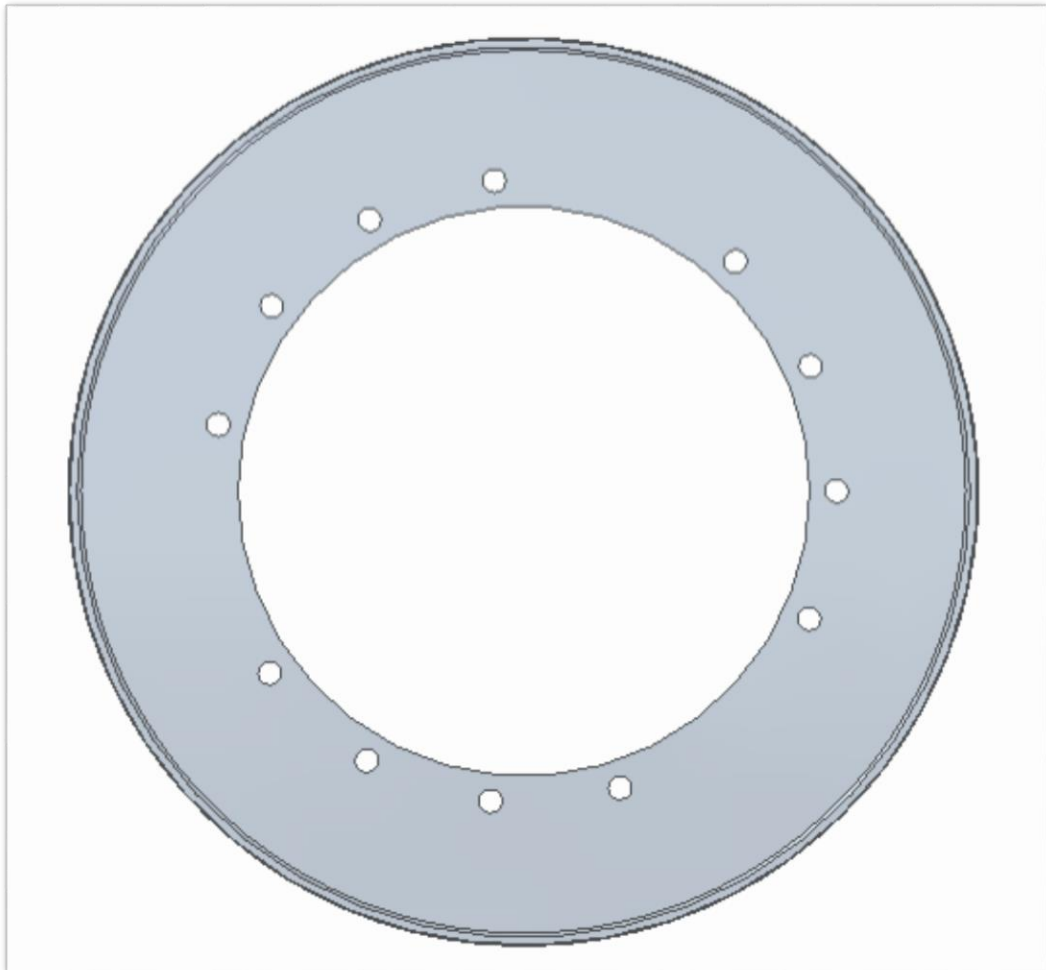
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 103. Anillo 1 (Vista lateral)



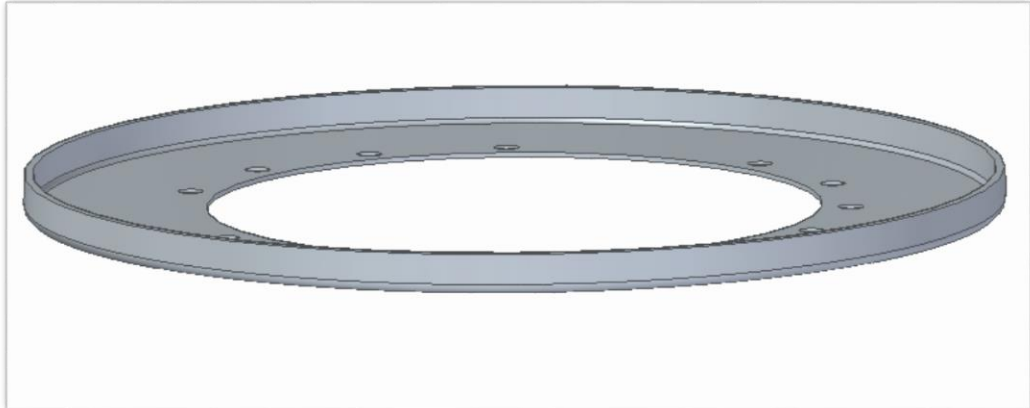
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 104. Anillo 2 (Vista superior)



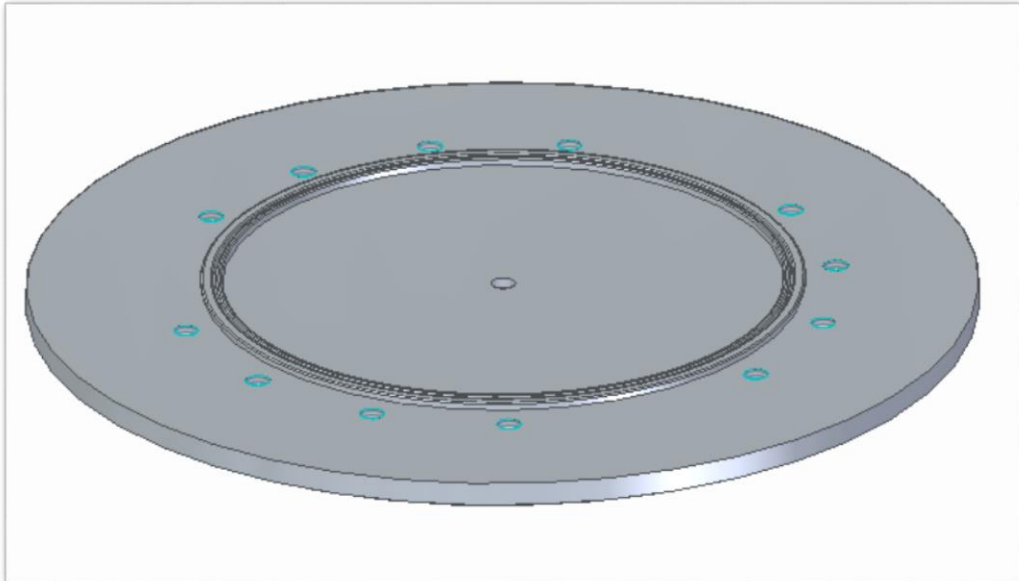
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 105. Anillo 2 (Isometrica)



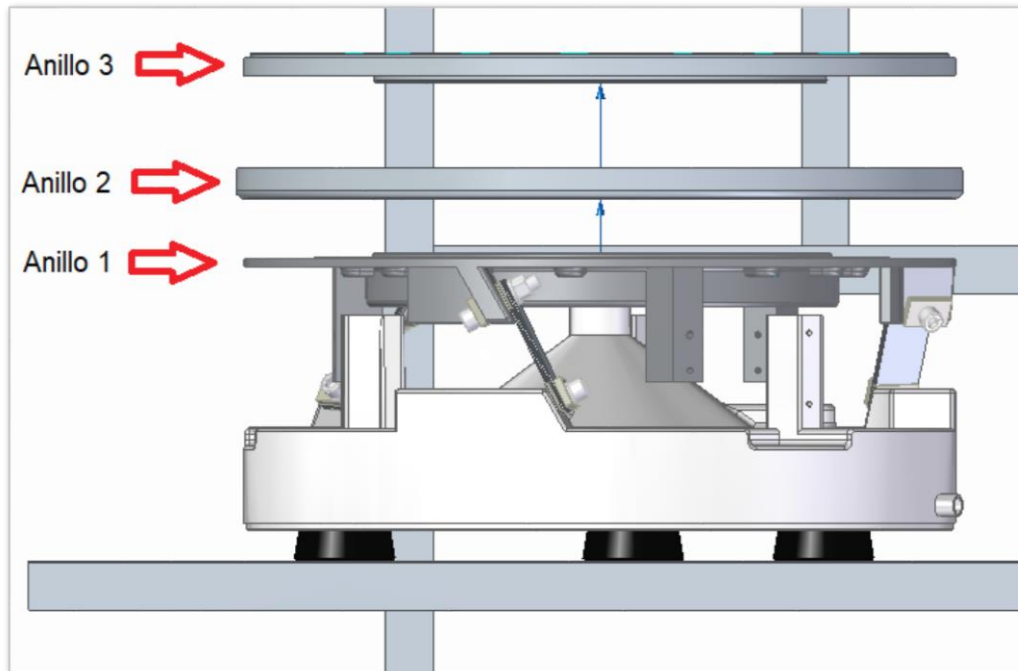
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 106. Anillo 3 (Isometrica)



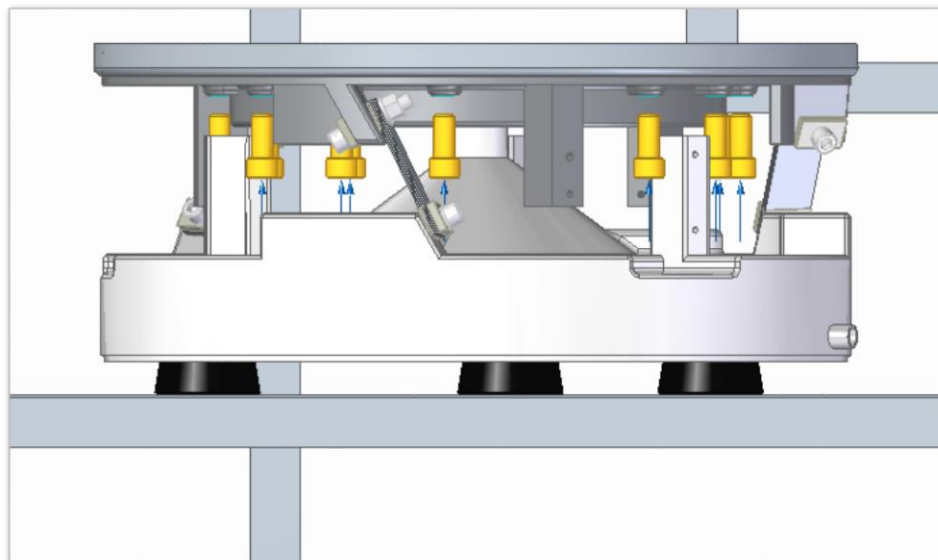
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 107. Correcta posición de los anillos



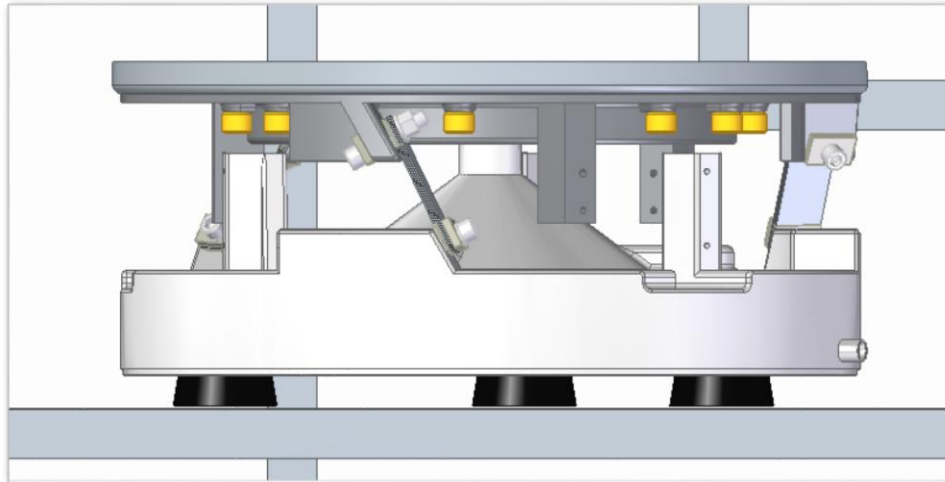
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 108. Sujeción de los anillos



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

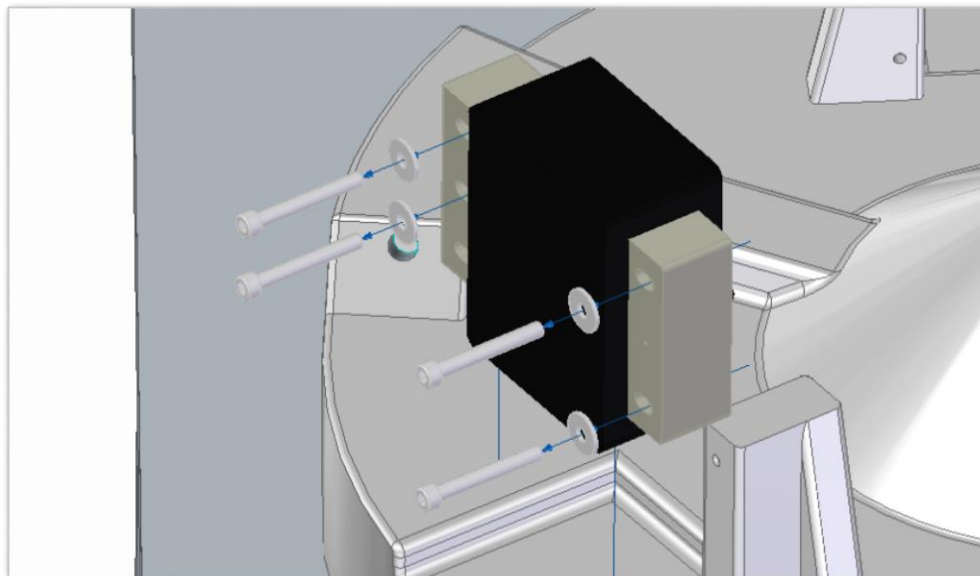
Figura 109. Ensamble parcial de la base



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

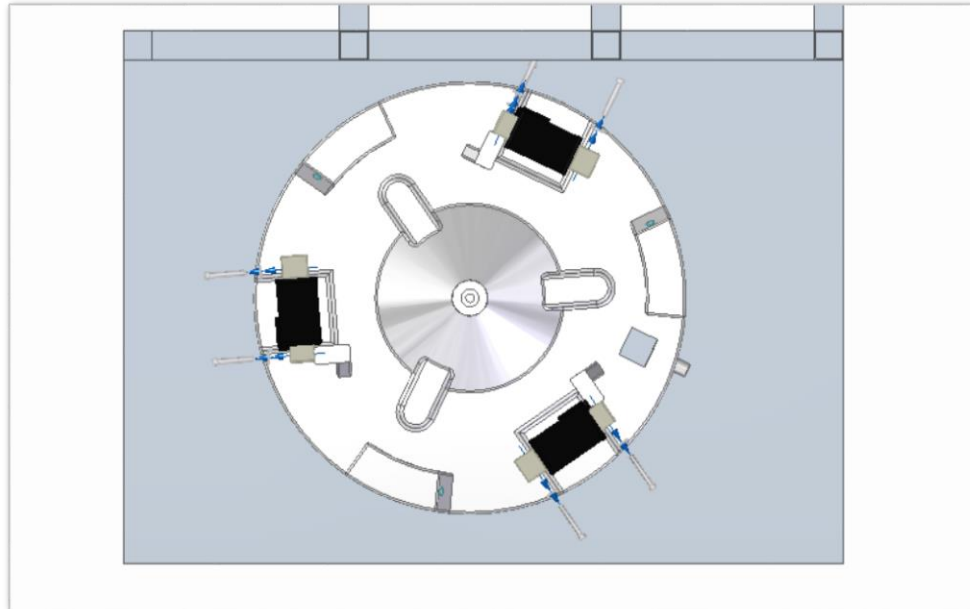
Paso 5. Posicionamiento de los vibradores eléctricos o electromagnetos. Colocar los 3 electromagnetos seleccionados previamente (ver numeral 8.6) en la posición correcta y los tornillos que los sujetaran, como se ilustra en las figuras 110, 111 y 112 respectivamente.

Figura 110. Vista detalle de la posición del electro magneto



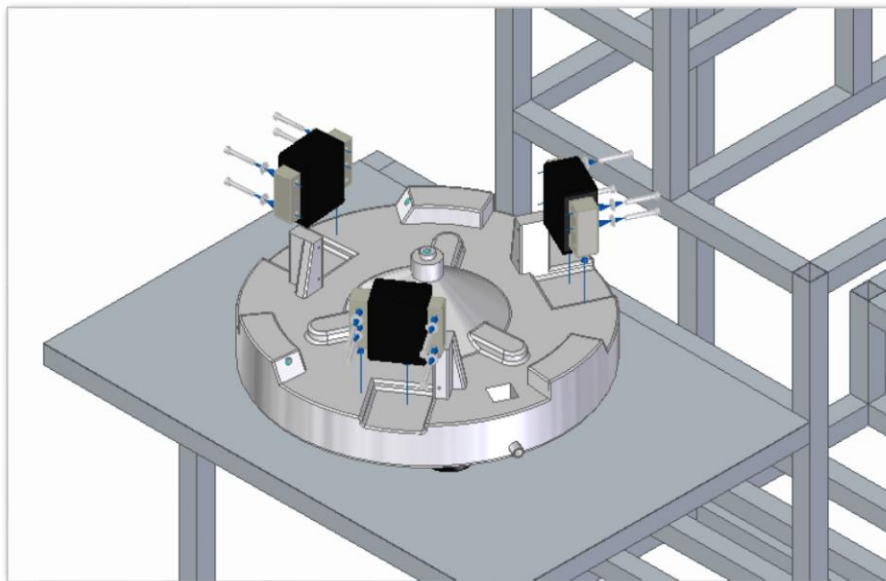
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 111. Vista superior (posición electro magnetos)



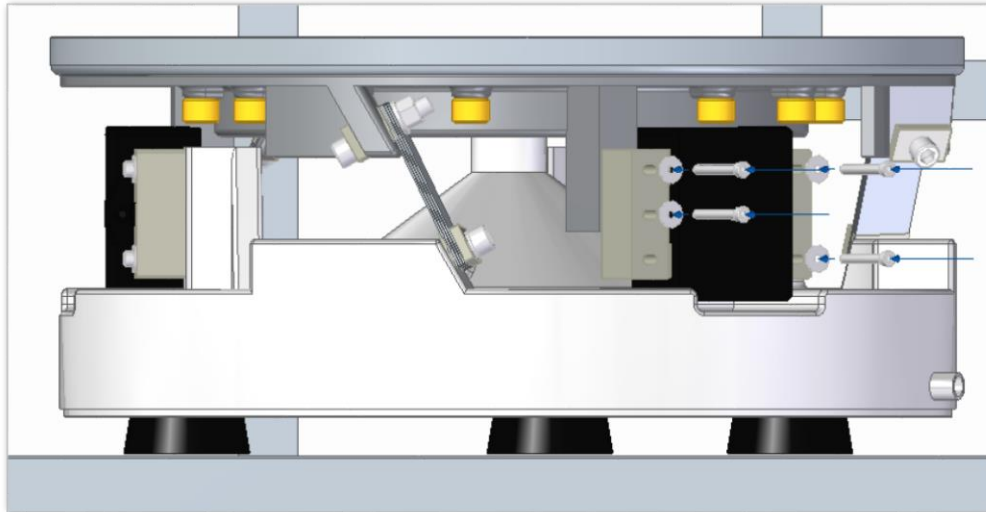
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 112. Vista isometrica (posición electro magnetos)



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 113. Vista lateral (Sujeción final electro magnetos)



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

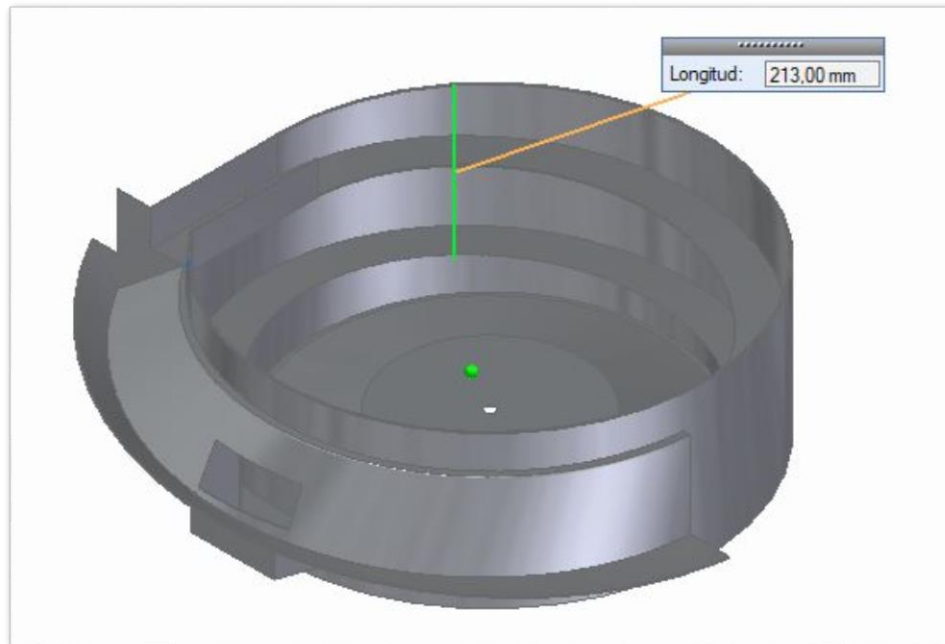
NOTA: El encargado de hacer este ensamblaje, debe asegurar que cada uno de los tornillos de la maquina queden ajustados adecuadamente y en el lugar indicado para evitar averías, fallos y demás falencias que generen un costo adicional durante la operación de la máquina.

Luego de terminar el ensamblaje inferior al cuenco (ver figura 113), se continúa con las uniones soldadas de las láminas de acero inoxidable que conformaran el cuenco vibratorio, el paso a paso es descrito a continuación.

Paso 6. Soldadura del sistema de alimentación y acoplamiento. En este paso se resaltan las piezas que van a ser unidas por soldadura, las figuras ilustradas a continuación, indican el orden en el que se debe llevar a cabo el proceso y la longitud del cordón de soldadura de cada lámina.

NOTA: En los planos estará el ángulo las indicaciones para la soldadura y las cotas de cada una de las láminas que van a ser unidas.

Figura 114. Soldadura lamina exterior del cuenco

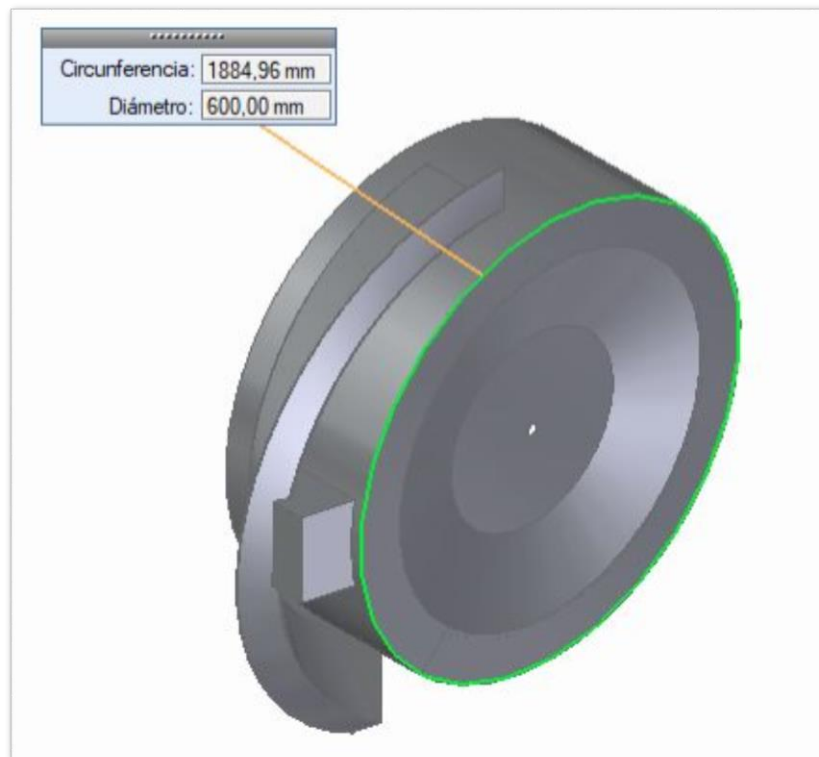


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Se inicia el proceso de soldadura empleando un proceso TIG con material de aporte el cual se especifica en el ANEXO C, el cual tiene unas cualidades adecuadas, produce soldaduras lisas y regulares.

En la figura 114 se muestra la unión de la lámina exterior del cuenco el cual tiene una longitud de 213mm y se escoge una unión a tope debido a que se requiere preservar uniformemente el diámetro interno del cuenco.

Figura 115. Soldadura base del cuenco

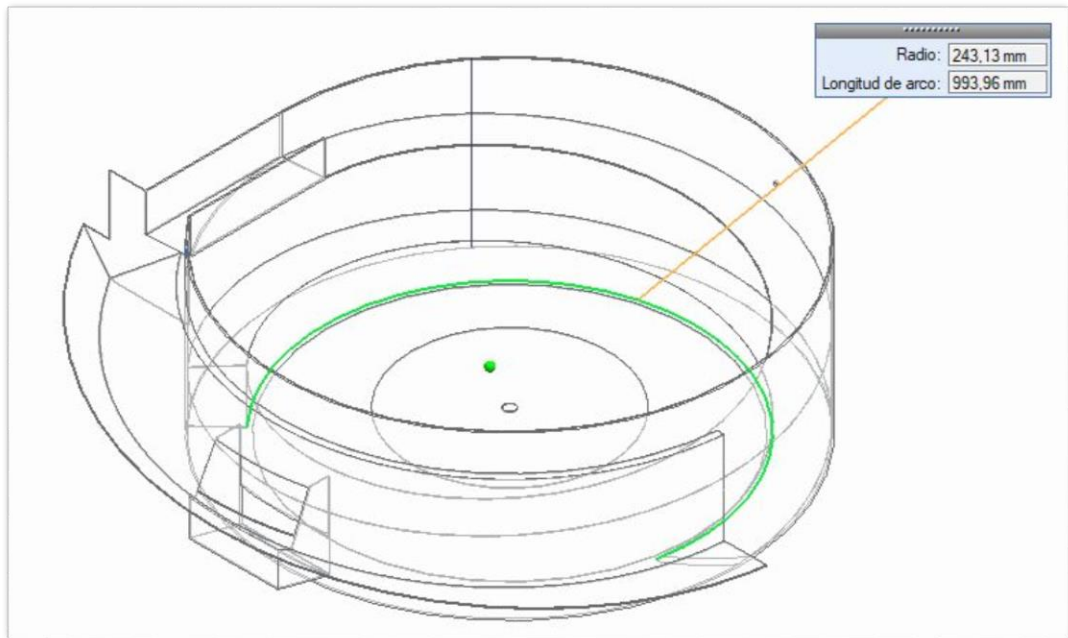


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

La figura 115 ilustra el contorno donde va estar soldada la lámina base, al cuerpo del cuenco. En el plano número 8 se muestra el tipo de unión y el proceso que se va realizar el cual es TIG.

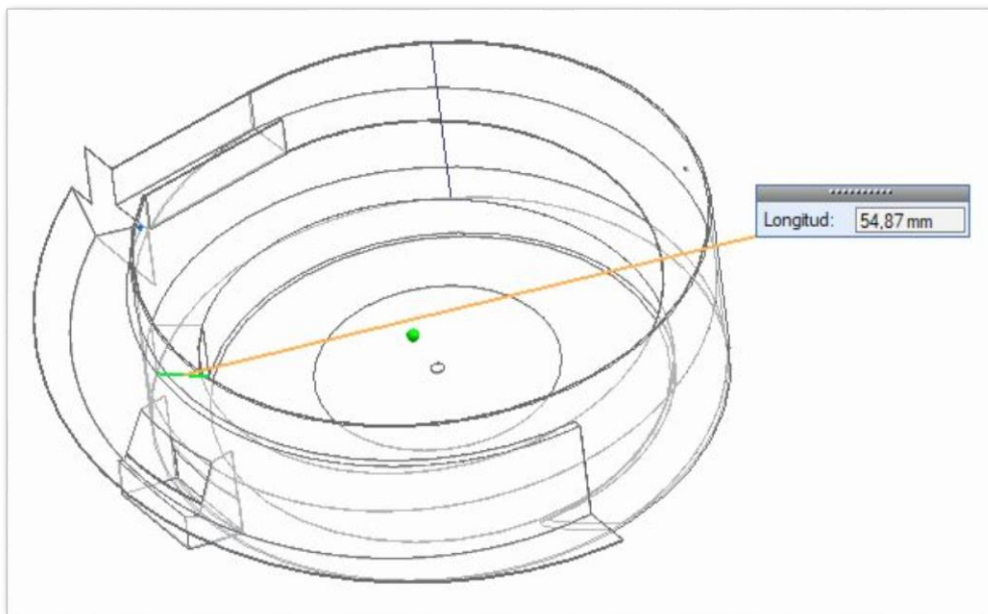
En las figuras 116, 117 se aprecia la lámina interior que sostiene la parte inicial de la pista interna, se resalta con verde el contorno a soldar en los dos casos y en el plano número 10 se ilustra en donde va el tipo de unión.

Figura 116. Soldadura lamina de la pista 1



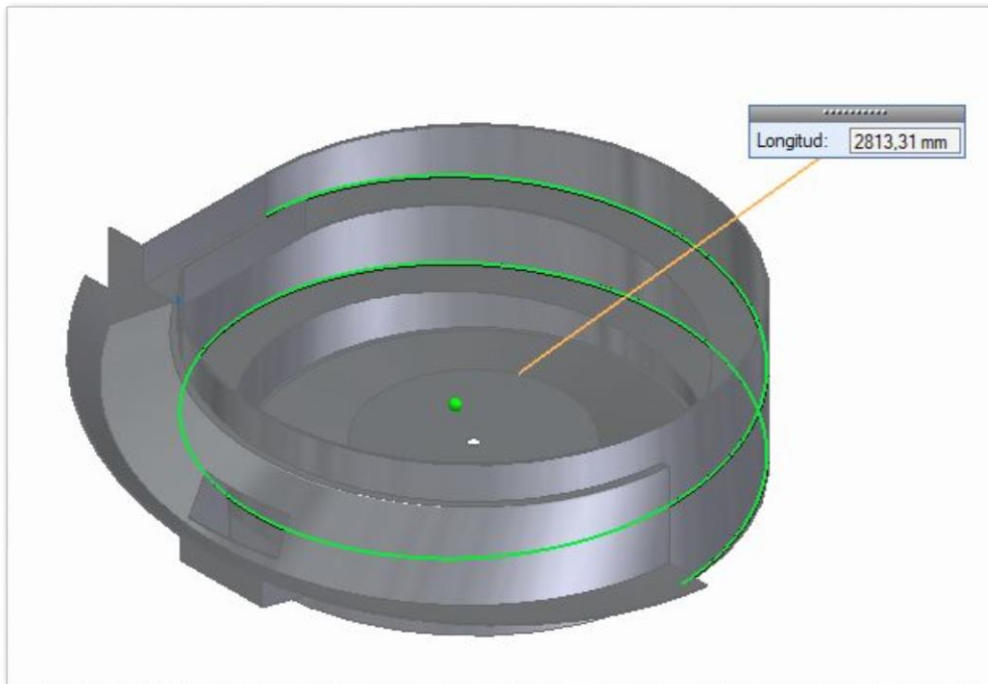
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 117. Soldadura lamina de la pista 2



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

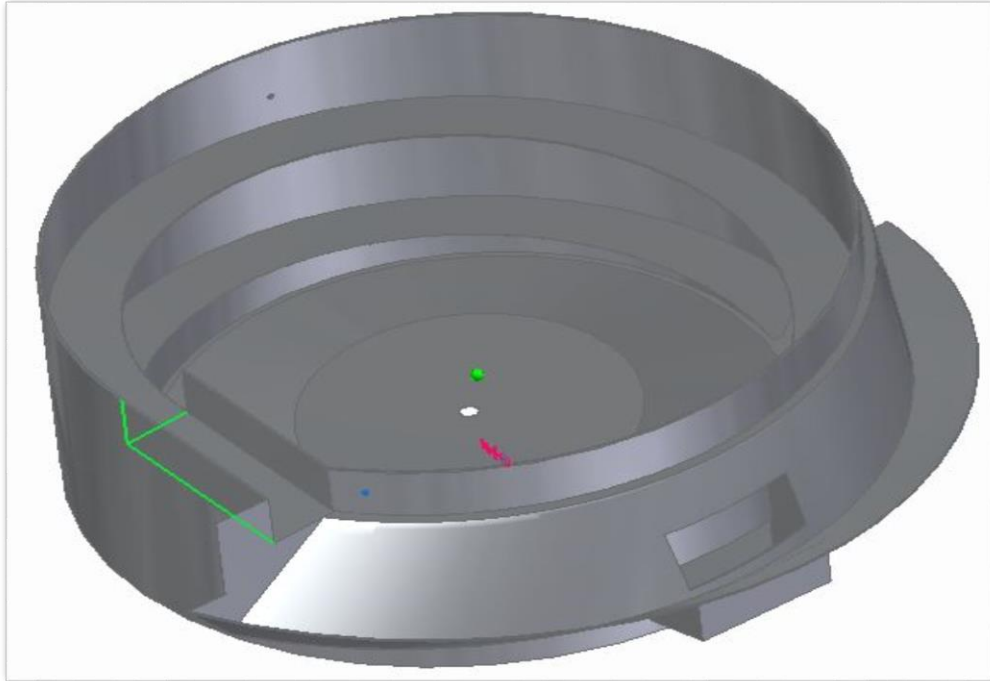
Figura 118. Soldadura pista interior del cuenco



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

De la misma manera, la figura 118 se resalta con verde el contorno de la pista interna del cuenco, ilustrando en el plano número 10 más a detalle, donde ira la soldadura, tipo de unión y ángulo de inclinación de la misma, debido a que este es un aspecto importante para que la botella permanezca en la pista cuando la máquina esté en funcionamiento.

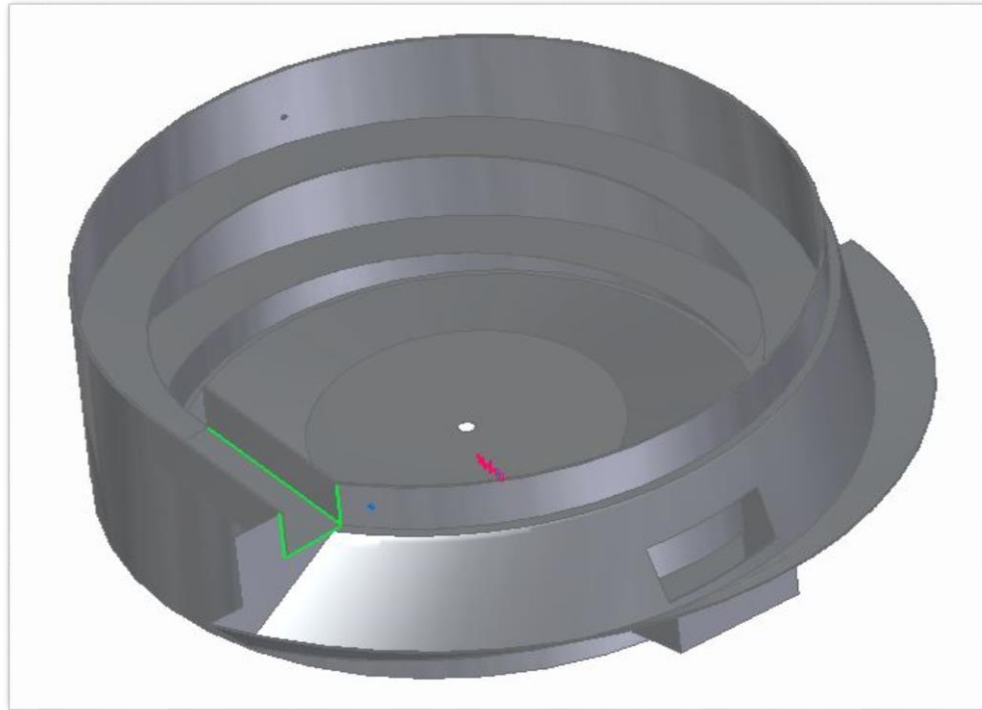
Figura 119. Soldadura pista interior del cuenco 1



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

En la figura 119 se muestra la unión de la parte final de la pista interna del cuenco y se indica el tipo de unión y las longitudes de las piezas a unir en el plano correspondiente (plano 10).

Figura 120. Soldadura pista interior del cuenco 2

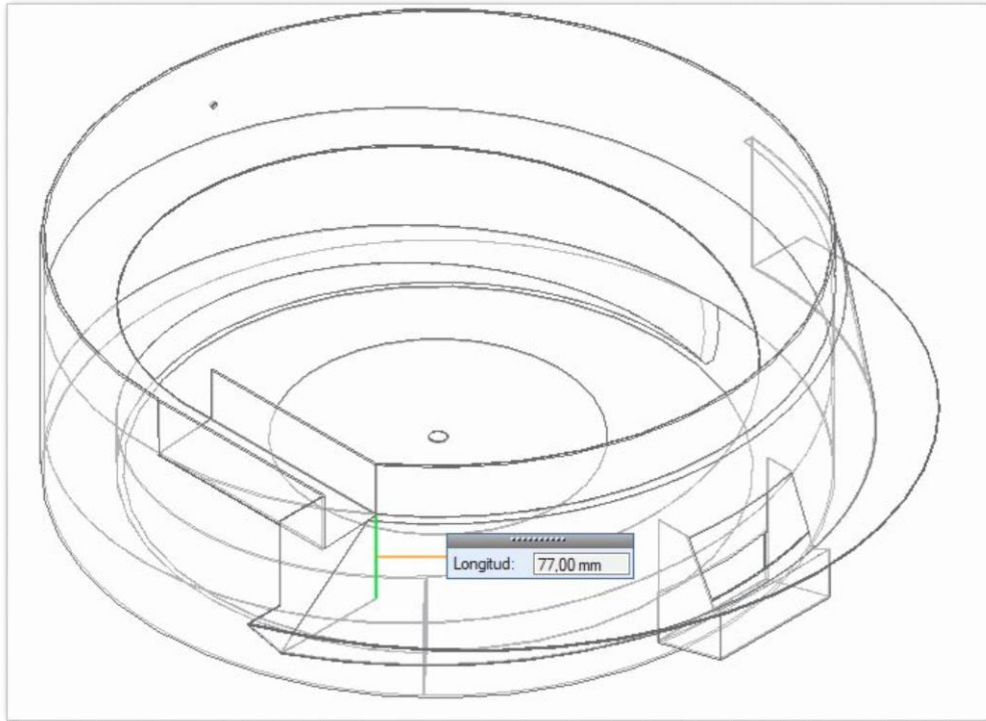


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

La figura 120 ilustra la unión de la lámina que le hace soporte a la pista exterior del cuenco, donde el contorno verde es donde va la unión. En el plano número 10 se observa a detalle la soldadura y donde va ir ubicada.

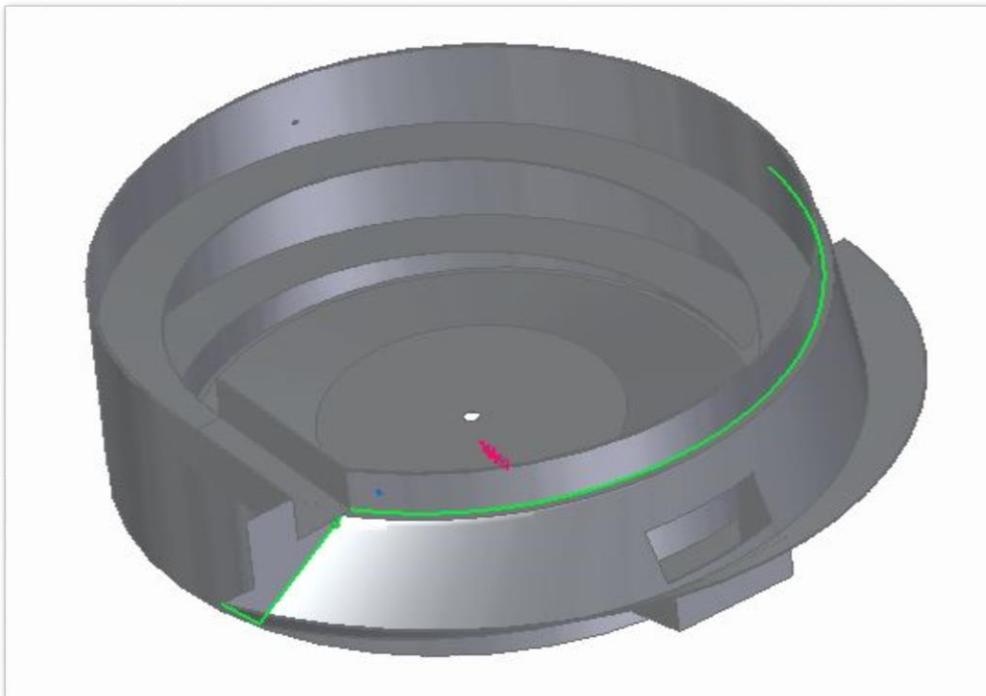
La figura 121 muestra el contorno de color verde donde va la soldadura para la unión de la pista exterior, en el plano número 11 se muestra el tipo de unión y la longitud a soldar a detalle.

Figura 121. Soldadura pista exterior del cuenco 1



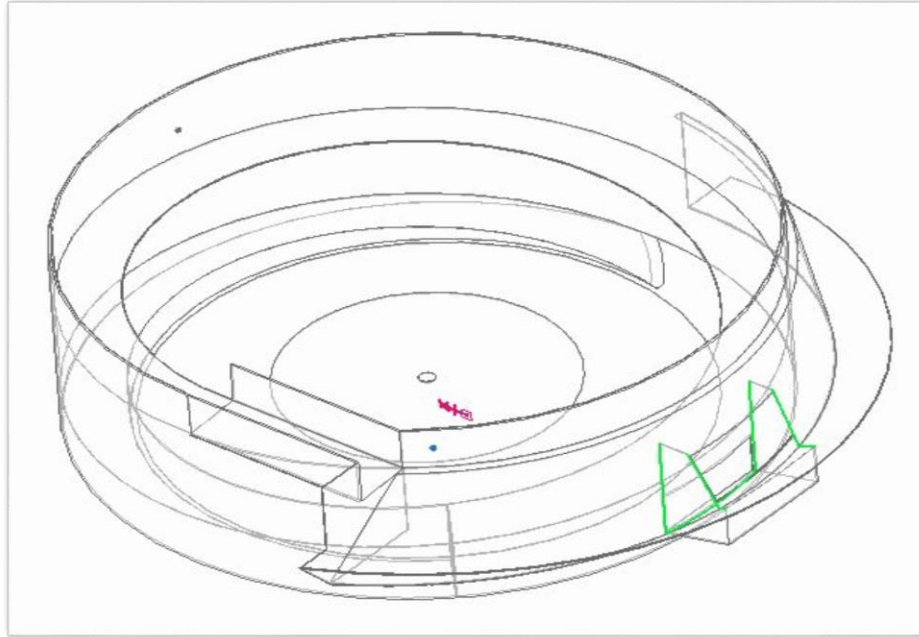
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 122. Soldadura pista exterior del cuenco 2



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 123. Soldadura de recirculación de la botella 8

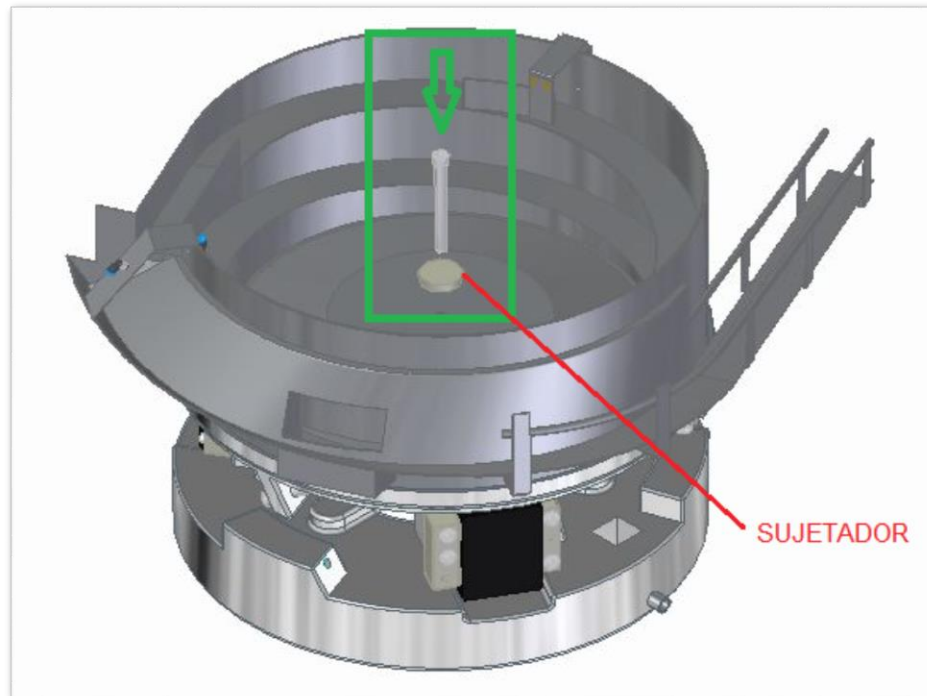


Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Finalizando, la figura 123 ilustra la unión de la caja de retorno a la pista del exterior del cuenco, se resaltan las uniones a soldar con color verde. Ver plano número 11 para saber el tipo de unión y en donde va la soldadura de la caja.

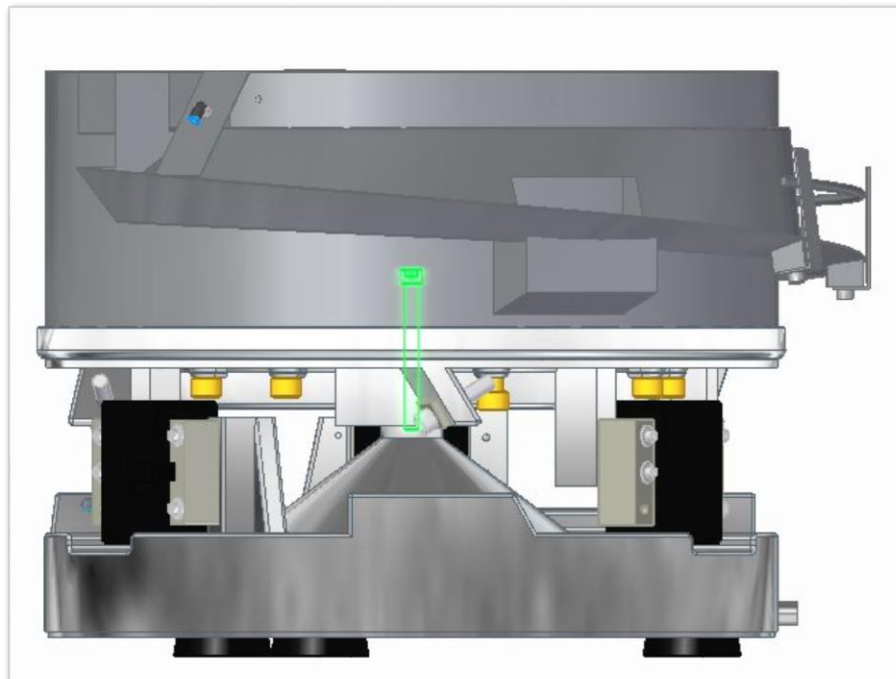
Paso 7. Ensamble del tornillo de sujeción del cuenco. Previamente soldado todo el cuenco, se procede a ensamblarlo a la base de la máquina por medio de un tornillo M12. La manera correcta de hacerlo, se muestra en la figura 124, donde se ingresa el sujetador adecuado (ver plano 17) y se finaliza con el ajuste del tornillo.

Figura 124. Sujeción del tornillo del cuenco



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

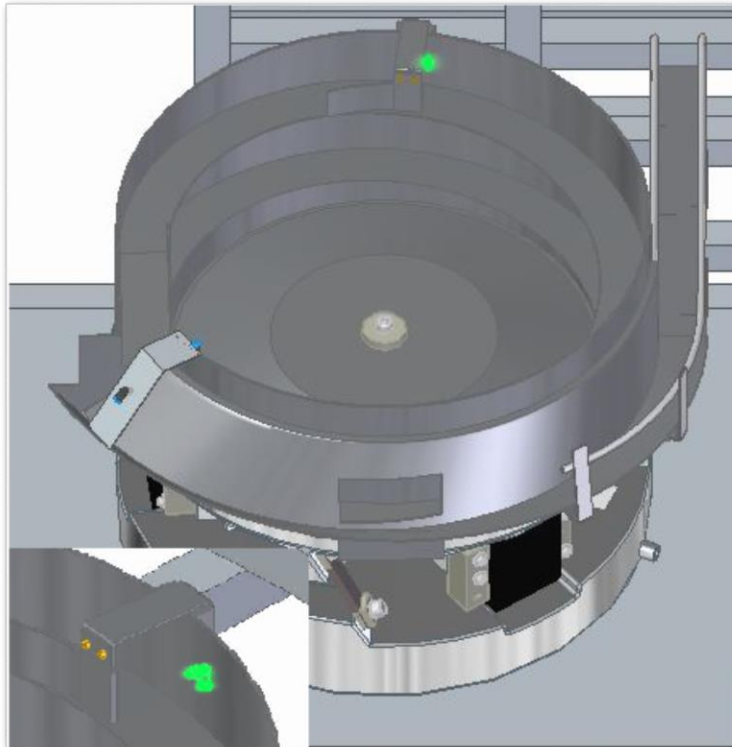
Figura 125. Ensamble parcial de la sujeción del cuenco



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

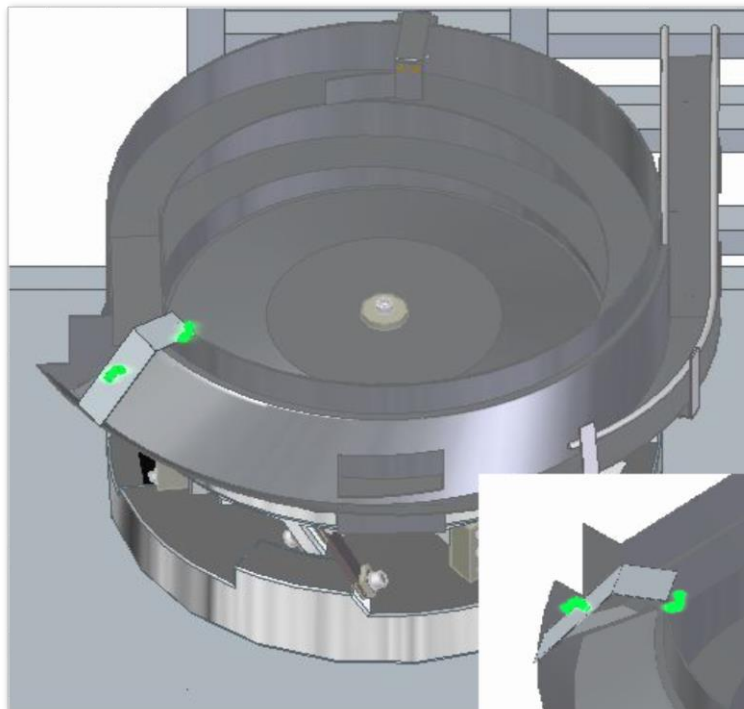
Paso 8. Ubicación de conductos de aire. Finalizando el proceso de ensamblaje de toda la máquina, se sitúan los racores de aire que se encargaran de realizar el respectivo posicionamiento de la botella en dos ocasiones, el primero se posiciona en el último tramo de la pista de manera ascendente (ver figura 126) y el segundo en el tramo exterior del cuenco (ver figura 127).

Figura 126. Primer posicionamiento de aire de la botella



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 127. Segundo posicionamiento de aire de la botella



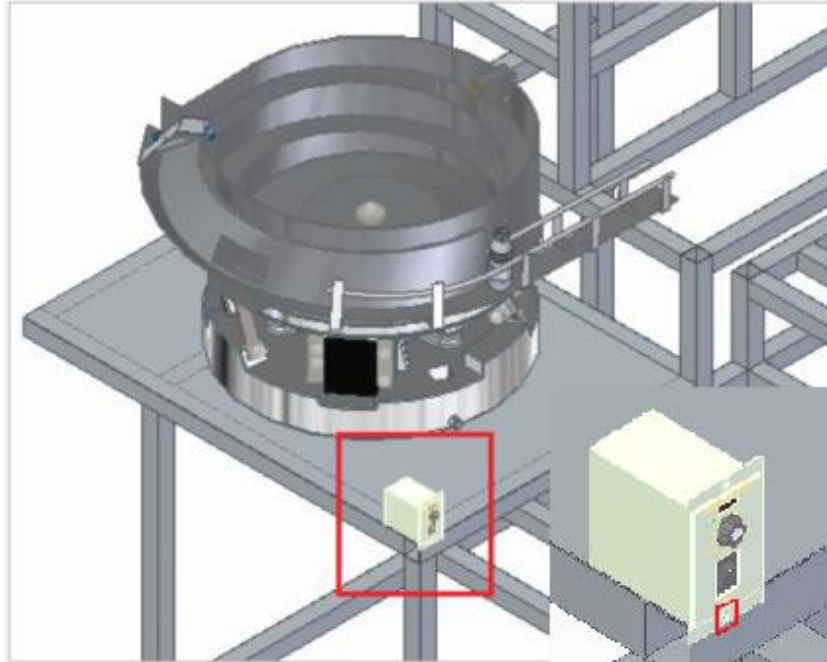
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Paso 9. Posición del sistema de control. Se ubica el controlador en el mesón, de tal manera que quede fijo, esto se hace con la ayuda de un tornillo que le dará la estabilidad necesaria para evitar que este tenga riesgo de ruptura al caer al suelo.

La conexión que se establecerá, será con el sistema de vibración (electromagnetos), la cual es en serie, sin embargo, para realizarla correctamente, el técnico encargado se debe remitir a la guía de instalación del modelo seleccionado en el numeral 8.6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN.

La figura 128 ilustra donde debe ir ubicado y atornillado el controlador.

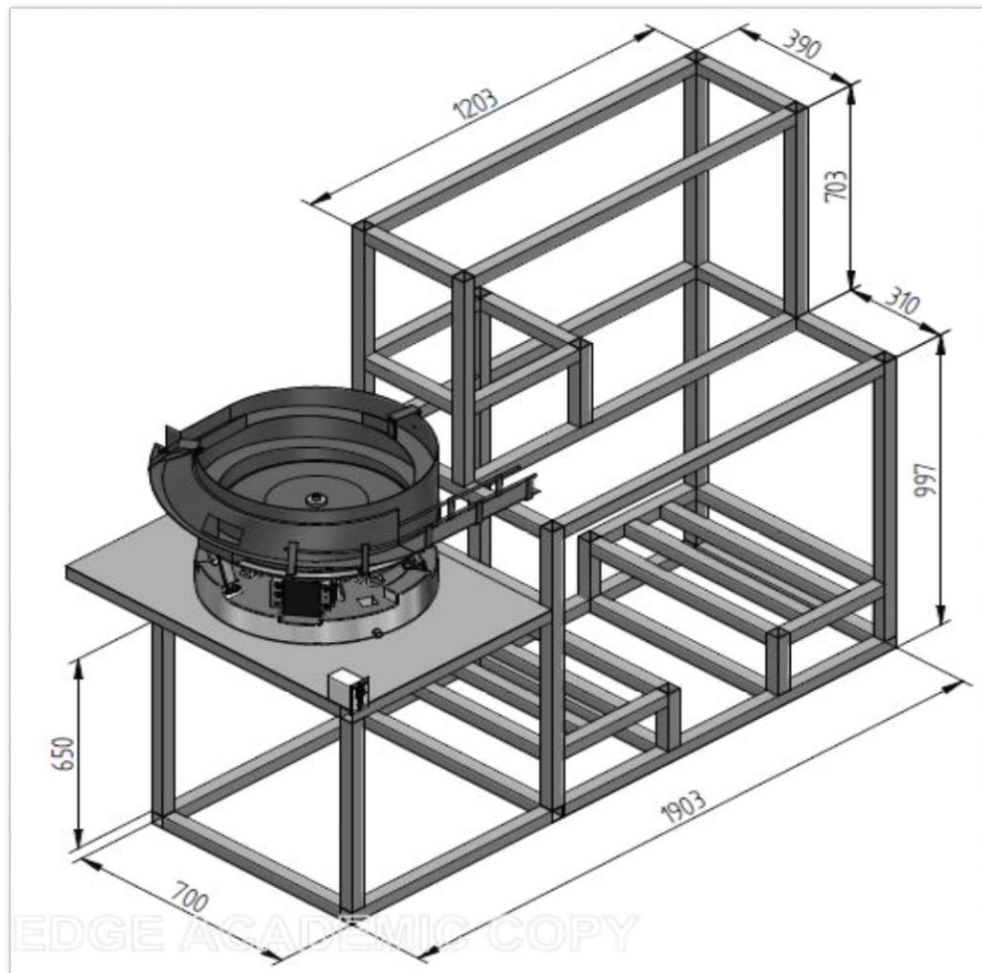
Figura 128. Posición del controlador



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

9.2 MANUAL DE OPERACIÓN.

Figura 129. Máquina alimentadora de botellas



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Es de gran importancia tener en cuenta que la máquina alimentadora de botellas (ver figura 129) es de uso educativo, con el fin de beneficiar el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de América. Por ende, los parámetros establecidos para esta máquina no deben ser variados, debido a que está diseñada para operar en las condiciones dadas.

La máquina tiene como objetivo realizar el transporte de las botellas al módulo didáctico de envasado, que se dará a través de una serie de electro magnetos, los cuales se encargaran de propagar las ondas de vibración al cuenco, donde las botellas vibraran y ascenderán por la pista, donde serán dosificadas de tal manera que lleguen en posición vertical al proceso de envasado. Las botellas son tipo PP con volumen de 120 ml. A continuación, se describen el resto de especificaciones técnicas de la máquina para su adecuada operación.

Cuadro 18. Especificaciones técnicas de la máquina

MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS		
Descripción	Unidad	Valor
Peso	kg	150 Aprox.
Instalación eléctrica	Voltios	Corriente eléctrica: 110 AC
	Hz	Frecuencia: 60
	Kw	Consumo aprox.
Dimensiones	mm	Altura: 480
		Ancho: 670
		Profundidad: 100
Presión del conducto de aire	Bar	6 Bar

Fuente: elaboración propia

1. Puesta en funcionamiento de la máquina

Para un buen funcionamiento de la máquina se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones;

- **Inspección visual.** Será indispensable que antes de encender la máquina, la persona encargada de iniciar su funcionamiento se asegure que todo esté en el estado adecuado para ponerla en marcha;
 - ✓ Verificar que la base no tenga desniveles con respecto a la estructura, así como la simetría de los flejes.
 - ✓ Verificar que todos los tornillos estén ajustados completamente.
 - ✓ Verificar que la soldadura este en perfecto estado, que no haya grietas, porosidad, etc.
 - ✓ Verificar que el conducto de aire no esté obstruido y pueda perjudicar el posicionamiento de las botellas y el correcto dosificado al módulo de envasado.
 - ✓ Verificar la conexión a la fuente de energía.
 - ✓ Verificar que no haya elementos extraños dentro el cuenco que puedan obstruir el transporte de las botellas.
 - ✓ Verificar que el controlador este apagado y con la frecuencia en cero para evitar que, al encenderse la máquina, se propaguen ondas de vibración superiores a las soportadas por el cuenco.

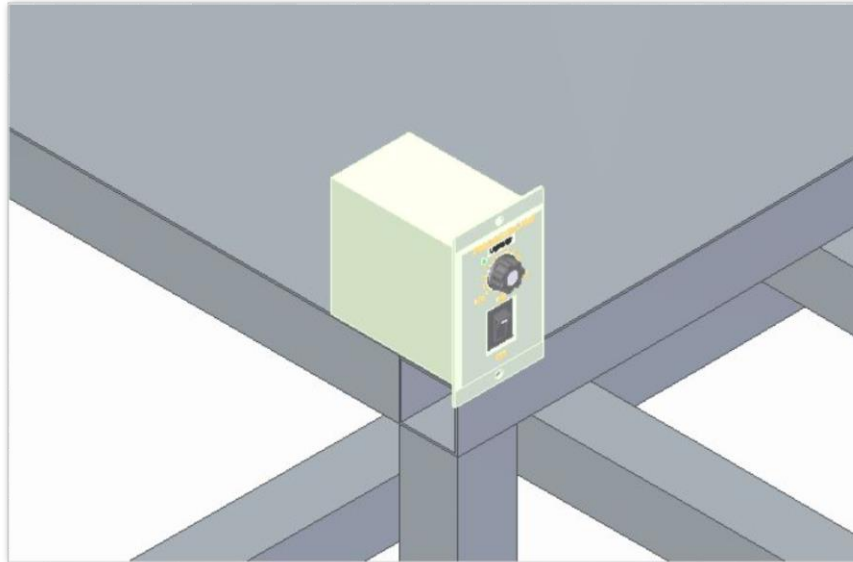
NOTA: La inspección es netamente visual, por lo cual no deben manipular la maquina antes de dar marcha. En caso de existir alguna falla y/o anomalía antes de encenderla, se debe informar a un técnico o persona que tenga los conocimientos necesarios para resolver el problema.

2. Encendido de la máquina

El encendido correcto debe realizarse siguiendo los pasos mencionados a continuación, esto con el fin de evitar posibles fallas en el funcionamiento de la máquina.

- ✓ Antes de encender la máquina se deben depositar las botellas dentro del cuenco, la cantidad de dichas botellas será de 30. Tener la precaución de no depositar elementos extraños.
- ✓ Posterior al adecuado depósito de las botellas dentro del cuenco, se enciende la máquina, asegurando que, al presionar el botón, el bombillo rojo dentro de este, encienda, debido a que será el indicador para manipular el controlador, en caso de no ver el bombillo de color rojo encendido comunicarse con un técnico o persona con los conocimientos necesarios para solucionar el problema.

Figura 130. Ilustración del encendido de la máquina



Fuente: elaboración propia con base en Solid Edge 2019

- ✓ Diríjase al tablero del controlador (Ver Figura 130), este será el encargado de manejar la frecuencia de vibración del cuenco, ubique el botón de encendido (color rojo) y acciónelo, de tal manera que ya pueda girar el control de frecuencia (color plata) hacia la derecha para incrementar la amplitud de la vibración.

NOTA: La máquina está diseñada para oscilar en una frecuencia de 60 a 120 Hz, dependiendo la velocidad de vibración que se necesite.

No se asegura que, de ser superada la frecuencia de 60 Hz, la máquina tenga mejor rendimiento o pueda sufrir complicaciones por las altas vibraciones a las que puede ser sometida.

Figura 131. Controlador individual

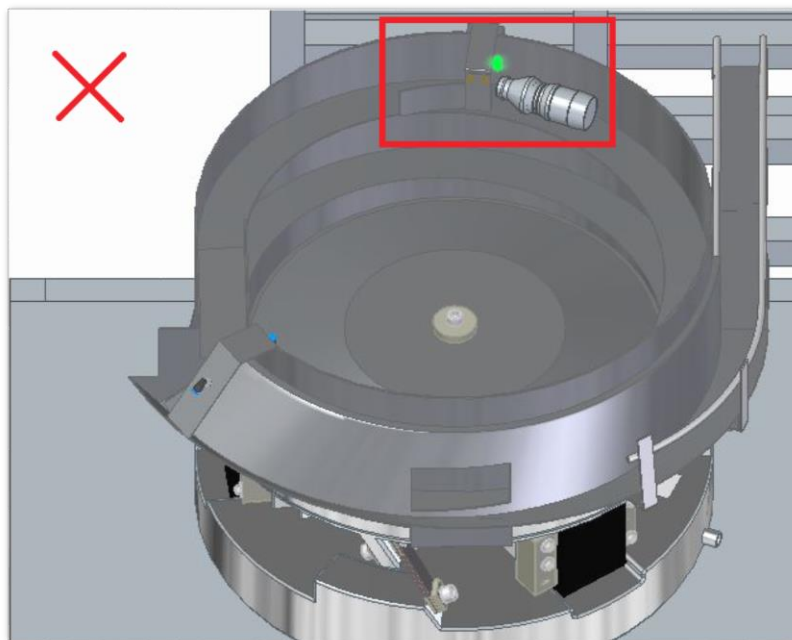


Fuente:
<https://www.autodev.com/uploads/6000-single-unit-vibratory-feeder-amplitude-controller.jpg>

- ✓ Verificar que al poner en marcha la máquina, los conductos de aire estén funcionando en perfectas condiciones.
- ✓ Realizados todos los pasos anteriores y de la manera correcta, la máquina debe funcionar adecuadamente para transportar las botellas por la pista del cuenco hasta dosificar la línea de envasado.

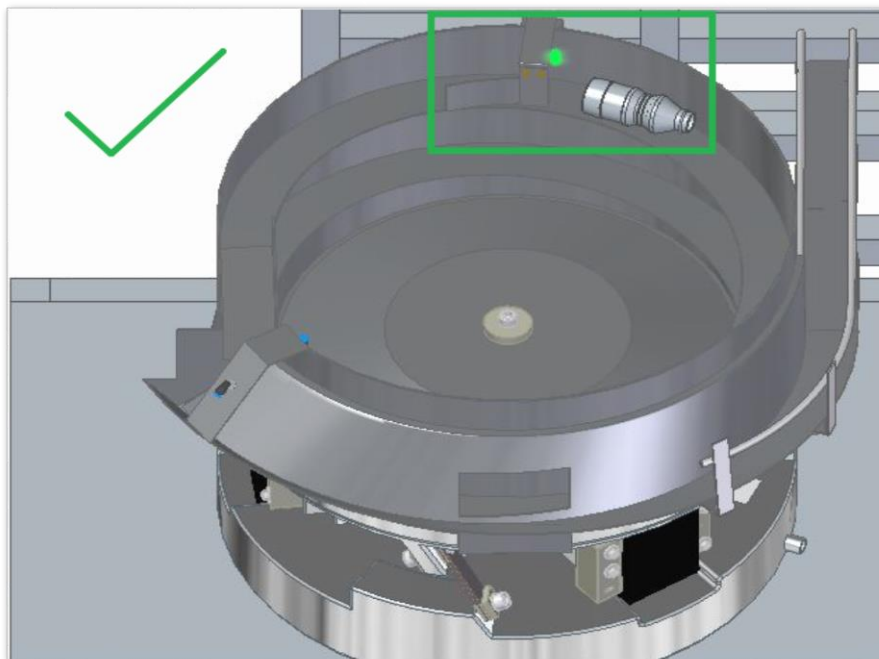
NOTA: En caso de que la botella no se transporte correctamente (ver figura 132) en la sección del primer posicionamiento será expulsada a la base del cuenco retomando el recorrido por la pista hasta que tome la forma correcta (ver figura 133) en el segundo posicionamiento, si la botella no se transporta de manera vertical (ver figura 134), sino de manera horizontal o acostada, ésta volverá a iniciar el ciclo de transporte desde la base del cuenco. La manera en que lo hará será ingresando por el orificio situado a lo largo del último tramo del exterior de la pista, como se aprecia en la figura 135.

Figura 132. Primer posicionamiento de la botella (Incorrecto)



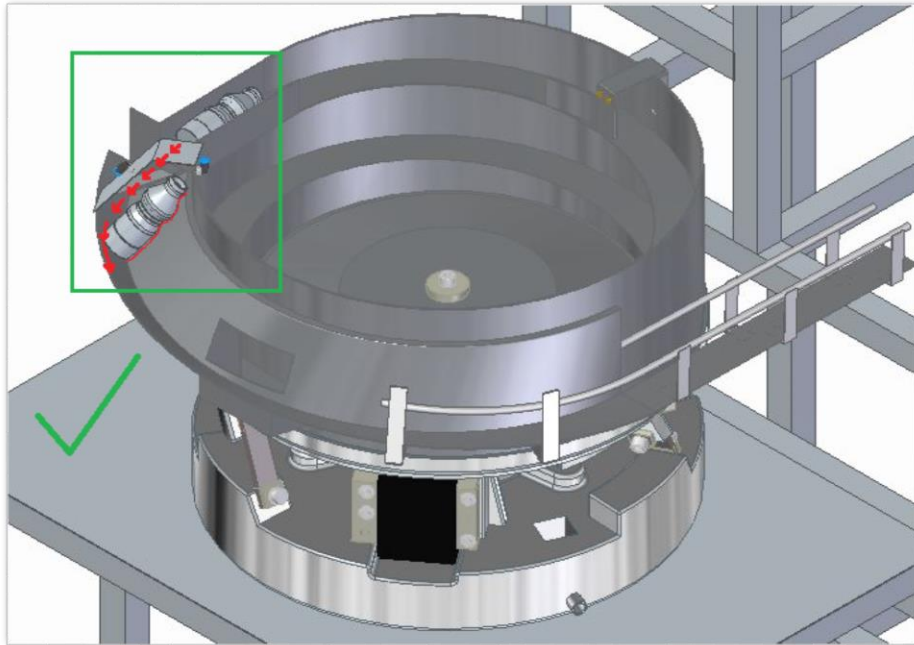
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 133. Primer posicionamiento de la botella (Correcto)



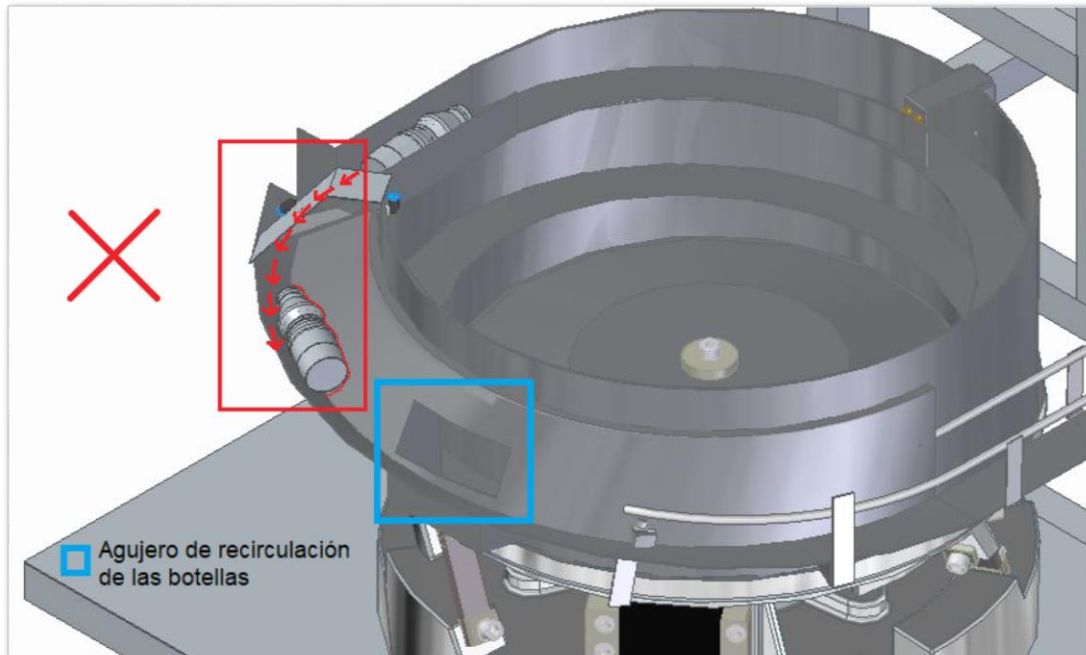
Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 134. Segundo posicionamiento de la botella (Correcto)



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

Figura 135. Segundo posicionamiento de la botella (Incorrecto)



Fuente: elaboración propia con base en el software Solid Edge versión 2019

9.2.1 Condiciones ambientales. Para el diseño funcional de la máquina, existen unos procesos que afectan de manera directa a los estudiantes, por tal razón, se deben tener en cuenta las siguientes condiciones ambientales para la puesta en marcha de la máquina:

Cuadro 19. Condiciones ambientales

Proceso	Actividad	Aspecto ambiental
Ruido	Dosificación de botellas al módulo de envasado.	Generación de ruido durante el proceso de alimentación de botellas.
	Rechazo de las botellas en una posición no debida.	Generación de ruido durante las dos fases de posicionamiento de las botellas.
	La máquina no genera un ruido que supere los 65dB(A) ⁴¹ , por lo que no afectará las condiciones auditivas de los estudiantes que la estén manipulando.	
Eléctrico	Funcionamiento de los electromagnetos y controlador de frecuencia.	Incremento de consumo de energía.

Fuente: elaboración propia

⁴¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. [sitio web]. Resolución 627 (07, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. [Consulta: 12 de julio 2019]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0627_070406.pdf.

9.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO⁴².

Introducción

La mayoría de los alimentadores vibratorios funcionan durante largos periodos de tiempo sin atención, sin mantenimiento, y las personas responsables de su rendimiento tienen poco contacto con ellos.

El manual de mantenimiento contiene algunas indicaciones que garantizan la seguridad del usuario al operar la máquina, más adelante en el cuadro 19 se muestra cómo se clasifican los sistemas de la máquina con cada uno de los elementos que requieren inspección, verificación y/o mantenimiento, con su respectiva operación y periodo en el que se deben ejecutar.

Sin embargo, antes de realizar dicha operación, se deben tener en cuenta algunos problemas que ocurren en las máquinas alimentadores de botellas, con el fin de prevenir al usuario de las fallas y/o anomalías que sucedan a lo largo del uso que se le dé a la máquina.

PROBLEMAS QUE OCURREN EN ALIMENTADORES VIBRATORIOS⁴³

Hay cuatro fallas básicas que llaman la atención sobre los alimentadores vibratorios:

- 1. Disminución de la velocidad de alimentación debido a la baja amplitud.** Por lo general, esto ocurrirá gradualmente durante un período de tiempo.
- 2. Un punto muerto en el tazón.** Las botellas no se alimentarán más allá de cierto punto en el cuenco, aunque se estén moviendo en otra parte del mismo.
- 3. Operación intermitente.** El alimentador funcionará espontáneamente a una amplitud excesiva o posiblemente sin amplitud sin causa aparente.
- 4. Ruido en alimentadores vibratorios.** Se describen los causantes de cada uno de los problemas mencionados anteriormente con el fin de realizar una verificación y mantenimiento de la máquina.

1. Disminución de la velocidad de alimentación debido a la baja amplitud.

Hay muchas causas para que la velocidad de alimentación disminuya con el tiempo, entre ellas están:

- Un fleje agrietado puede causar un punto muerto, sin embargo, puede ralentizar el alimentador a su alrededor. La grieta ocurre con frecuencia junto a uno de los orificios en el resorte y algunas veces es tan fina que solo se puede ver con una lupa.
- Un cambio de dureza en las patas de goma puede contribuir a un deficiente

⁴² Vibratory feeders [en línea]. TROUBLE SHOOTING VIBRATORY FEEDERS. Fairview [Consultado: 25 de marzo de 2019]. Disponible en: https://www.autodev.com/uploads/resources/067693_vibratory-controller-trouble-shooting-guide.pdf

⁴³ PROBLEMS OCCURRING IN VIBRATORY FEEDERS [en línea]. TROUBLE SHOOTING VIBRATORY FEEDERS. Fairview [Consultado: 25 de marzo de 2019]. Disponible en: https://www.autodev.com/uploads/resources/067693_vibratory-controller-trouble-shooting-guide.pdf

rendimiento de la máquina. Al pasar el tiempo, pueden endurecerse, suavizarse o hincharse, todo depende de las condiciones ambientales en las que se encuentren.

- La oxidación entre los flejes y los espaciadores indica que hay corrosión, lo cual causa una baja amplitud.

2. Un punto muerto en el tazón.

- Un tornillo que sostiene los flejes en su posición puede aflojarse o romperse.
- La base sobre la que se sienta el alimentador puede causar un punto muerto, si esta es muy ligera, por lo cual podría aflojarse en cualquier dirección y puede causar varios problemas.

3. Operación intermitente.

- La operación intermitente es casi siempre eléctrica. En general, el síntoma es que el alimentador aumenta su amplitud hasta el máximo sin ninguna razón. Ocasionalmente, simplemente volverá a la amplitud correcta de nuevo sin ninguna razón o tal vez se ejecute a la amplitud máxima sin importar dónde se establezca el control.

4. Ruido en alimentadores vibratorios.


El alimentador en sí genera una cantidad mínima de ruido, generalmente no puede ser escuchado sino solo sentido. Lo único que se escucha es el sonido del alimentador que se mueve a través del aire (que es un zumbido bajo). Si está haciendo un nivel de ruido no deseado, estas son algunas de las instancias que pueden contribuir a una operación ruidosa:

- El alimentador puede ajustarse incorrectamente de tal manera que el imán será golpeado por la armadura. Cuando eso ocurre se genera mucho ruido.
- Al no sujetar firmemente el cuenco a la unidad de transmisión, estará condicionada a ser un generador de ruido muy fuerte.

NOTA: Antes de hacer alguna intervención en esta máquina, el técnico o persona encargada, debe asegurarse que el sistema de energía este completamente apagado, además de que los conductos de aire estén despresurizados.

A continuación, se darán las pautas operativas necesarias para realizar la correcta verificación e inspección periódica de los elementos que componen la máquina, dividiéndose cada uno de los sistemas que la conforman, a su vez el periodo en el que se deben realizar, al cumplirse la periodicidad se evitarán posibles gastos adicionales no contemplados en dicha inspección.

Cuadro 20. Verificación e inspección de los componentes de la máquina

 Fundación Universidad de América	VERIFICACIONES E INSPECCIONES DE LA MÁQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		
SISTEMA	ELEMENTO	OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Sistema de alimentación y acoplamiento de las botellas	Cuenco	Limpieza del interior del cuenco, eliminando impurezas que generen corrosión	2 meses
		Revisión de soldaduras	3 meses
		Verificar estabilidad	Antes de usar
	Anillos	Verificar desgaste por la vibración	3 meses
		Verificar estabilidad	Antes de usar
		Observar si hay desajuste o desalineación con el cuenco	Antes de usar
Sistema de posicionamiento	Racores	Verificar que no existan obstrucciones en los dos conductos de aire.	Antes de usar
Sistema de amortiguación	Grupos de flejes	Observar que estén completamente ajustados	Antes de usar
		Verificar el espaciado entre hoja y hoja	2 meses
		Verificar desalineación entre hojas	Antes de usar
		Verificar grietas o rupturas	2 meses
Sistema de sujeción	Tornillos de sujeción (Anillos)	Verificar que todos los tornillos estén ajustados adecuadamente	2 meses
		Verificar grietas o rupturas	6 meses
	Tornillo de sujeción del cuenco	Verificar que todos los tornillos estén ajustados adecuadamente	2 meses
		Verificar grietas o rupturas	3 meses
	Tornillos de sujeción (Electromagnetos)	Verificar que todos los tornillos estén ajustados adecuadamente	2 meses
		Verificar grietas o rupturas	3 meses
	Tornillos de sujeción (Flejes)	Verificar que todos los tornillos estén ajustados adecuadamente	1 mes
		Verificar grietas o rupturas	2 meses

Fuente: elaboración propia


Cuadro 19. (Continuación)

SISTEMA	ELEMENTO	OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Sistema de estabilidad y soporte	Base soporte	Observar que no hayan desniveles con respecto al mesón	Antes de usar
	Patas de goma	Verificar dureza	6 meses
		Verificar grietas o rupturas	Antes de usar
		Ajustar todos los tornillos	1 año
Sistema de control	Controlador	Verificación eléctrica realizada	9 meses
		Estado físico del controlador	Antes de usar
		Desajuste de boton de encendido y control de frecuencia	Antes de usar
		Verificar la corriente eléctrica	Antes de usar
Sistema de vibración	Electro magnetos	Verificación eléctrica realizada	1 año
		Ajuste de tornillos que tiene cada electromagneto, por personal capacitado	4 meses
		Verificacar grietas, rupturas o desajustes	4 meses

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, teniendo en cuenta las 4 causas que pueden generar un problema en la máquina, se procede a realizar el listado de fallas que existirán durante la vida útil de la máquina y cada uno de sus elementos.

Cuadro 21. Listado de fallas de la máquina

 Fundación Universidad de América			LISTADO DE FALLAS DE LA MAQUINA ALIMENTADORA DE BOTELLAS
ELEMENTO	FALLA	ACTIVIDAD	
Cuenco	Ruptura del cordón de soldadura	En caso de rupturas o fisuras realizar una reparación en el taller fabricante del cuenco	
Anillos	Fisuras en la superficie del material	Sustituir el anillo que haya sufrido la falla.	
	Desgaste de la superficie de los anillos	Sustituir el anillo que haya sufrido la falla, evitando daños a mediano plazo.	
Racores	Escape de aire en el conducto	Cambiar el conducto de aire o racores de aire para darle continuidad nuevamente a la línea de presión.	
Grupos de flejes	Ruptura de las hojas que conforman el grupo de flejes	Reemplazar el grupo de flejes completo.	
	Desgaste de las hojas	Reemplazar el grupo de flejes completo para evitar daños a corto plazo.	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 20. (Continuación)

ELEMENTO	FALLA	ACTIVIDAD
Tornillos de sujeción (Anillos)	Fracturas súbitas o por fatiga	Reemplazar las piezas afectadas para evitar que la máquina opere en malas condiciones.
	Deformación a tensión o flexión	Sustituir las piezas dañadas, ya que podría influir en el correcto desempeño de la máquina.
	Desgaste en vástago o rosca	Realizar el cambio de las piezas desgastadas.
Tornillo de sujeción del cuenco	Fracturas súbitas o por fatiga	Reemplazar las piezas afectadas para evitar que la máquina opere en malas condiciones.
	Deformación a tensión o flexión	Sustituir las piezas dañadas, ya que podría influir en el correcto desempeño de la máquina.
	Desgaste en vástago o rosca	Realizar el cambio de las piezas desgastadas.
Tornillos de sujeción (Electromagnetos)	Fracturas súbitas o por fatiga	Reemplazar las piezas afectadas para evitar que la máquina opere en malas condiciones.
	Deformación a tensión o flexión	Sustituir las piezas dañadas, ya que podría influir en el correcto desempeño de la máquina.
	Desgaste en vástago o rosca	Realizar el cambio de las piezas desgastadas.
Tornillos de sujeción (Flejes)	Fracturas súbitas o por fatiga	Reemplazar las piezas afectadas para evitar que la máquina opere en malas condiciones.
	Deformación a tensión o flexión	Sustituir las piezas dañadas, ya que podría influir en el correcto desempeño de la máquina.
	Desgaste en vástago o rosca	Realizar el cambio de las piezas desgastadas.
Base soporte	Deformaciones y rupturas en el material de la base soporte	Pedir servicio técnico en estos casos para realizar el cambio de la pieza.
Patatas de goma	Ruptura de las patas de goma	Realizar el cambio respectivo de las patas dañadas, ya que podría interrumpir el correcto funcionamiento de
Controlador	Corto circuito	Pedir servicio técnico al fabricante, las reparaciones completadas incorrectamente pueden ocasionar peligros
	Desgaste de botones	Comunicarse con el servicio técnico más cercano para realizar el cambio de las piezas.
Electro magnetos	Caidas de voltaje	Desconectar la máquina para evitar que pierda fuerza de retención y así evitar desviaciones en la amplitud y
	Corto circuito	Comunicarse con el proveedor, las reparaciones

Fuente: elaboración propia

Se concluye con una serie de indicaciones en caso de reparación de algún elemento que componga la máquina, dando seguridad en el desmontaje con las pautas correspondientes y así evitar daños considerables al usuario y/o técnico encargado de realizar las reparaciones.

NOTA: Se requiere que todas las reparaciones de la máquina las realice una persona con el conocimiento suficiente, de lo haberla, recurra a un técnico especializado para ello.

Indicaciones generales en caso de reparación:

Es de gran importancia que el soporte estructural del alimentador sea lo suficientemente resistente, para que al momento de la prueba y/o funcionamiento del mismo, se pueda observar su rendimiento correctamente.

1. Retire el cuenco y limpie las superficies de contacto entre el mismo y la parte superior de la base.

Estas superficies deben ser planas y limpias. El uso de papel de lija o una lima plana es adecuado para reacondicionar la superficie.

2. Revise que las soldaduras del cuenco estén en perfectas condiciones, en caso de que exista alguna inconsistencia en las mismas, deberá proceder a un refuerzo en la soldadura, evitando posibles daños con la maquina puesta en marcha. De no ser así, comuníquese con un técnico especializado para que de la solución más acertada al problema presentado.

3. Operando en un grupo de flejes a la vez, afloje cada uno de ellos del tornillo superior e inferior que los sostiene y retírelos. No sin antes retirar los anillos 1 y 2 para realizar la operación.

Ambos extremos de cada fleje, así como los espaciadores y las superficies de montaje deben limpiarse a fondo con papel de lija o un cepillo de alambre.

4. Examine cada fleje en busca de grietas y corrosión.

Las grietas siempre ocurrirán adyacentes al agujero perforado en cualquier extremo, en este tipo de fleje. A veces, estas grietas no son visibles a simple vista, y una prueba simple es golpear el fleje en algo sólido (dejarlo caer al suelo).

En caso de ruptura, todos los flejes y espaciadores deben ser reemplazados.

❖ Vuelva a montar los flejes y los espaciadores de la manera en que estaban antes del desmontaje.

❖ Haga esto en cada uno de los grupos de flejes restantes.

5. Revise el estado físico y eléctrico del controlador, si durante la operación muestra anomalías, como variación de la amplitud sin razón, es probable que esté a punto de fallar. Esto representa aproximadamente 2 semanas sin funcionamiento, por lo cual se recomienda tener un repuesto para no dejar en abandono la máquina hasta conseguirlo.

6. Revise el estado de los 3 electro magnetos, tanto físicamente como eléctricamente, debido a que envejecen con el tiempo y, a veces, su rendimiento máximo disminuye a lo largo de varios años. Puede ocurrir si el alimentador se

ejecuta con el máximo rendimiento en todo momento, tengan riesgo de fallar y sea de gran urgencia el cambio oportuno los 3 electro magnetos.

10. ANÁLISIS DE COSTOS

Para esta etapa del proyecto, se realiza un cálculo estimado de los costos del proyecto, donde se realizó un listado de gastos, que describe su valor, con el propósito de determinar la suma total de dinero necesaria para la implementación del mismo, sin tener en cuenta gastos de mantenimiento.

Además de tenerse en cuenta los gastos que se generan de los elementos y/o partes que conforman cada uno de los sistemas de la maquina alimentadora de botellas. También los costos implícitos como de fabricación e instalación juegan un papel importante para la construcción final y puesta en marcha de la máquina.

El salario mensual de un Ingeniero Mecánico según *indeed*⁴⁴ a la fecha del 3 de octubre de 2019 es de \$ 2'082.747 pesos colombianos, sin embargo, para este proyecto se asume un valor de H-H de \$4.200 pesos colombianos.

Los costos para la elaboración e implementación de la máquina alimentadora de botellas están divididos de la siguiente manera;

- Costos de ingeniería
- Costos de fabricación
- Costos de materiales
- Costos totales de diseño y construcción

Algunos de estos valores fueron extraídos de páginas web que suministran un aproximado de lo que puede costar el elemento y/o parte de la máquina, los cuales llevan evidencia en el ítem de anexos del proyecto. (Ver ANEXOS L, M, N, O, P)

Cabe aclarar que dentro del análisis realizado no se tienen en cuenta los costos de envío de algunas partes que lo necesitan, debido a que no se encuentran en el país. En los cuadros ilustrados a continuación, se determinan en pesos colombianos el valor de cada uno de los costos y gastos generados para la realización del proyecto.

⁴⁴ INDEED. Salarios de Ingeniero mecánico en Colombia. [en línea]. Colombia: Indeed. [Consultado: 19 de mayo de 2019]. Disponible: <https://co.indeed.com/salaries/Ingeniero-mec%C3%A1nico-Salaries>

Cuadro 22. Costos de ingeniería

COSTOS DE INGENIERIA				
Items	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Total
Talento humano				
Proyectistas	Horas H	\$ 8.400	800	\$ 13.440.000
Gastos maquinaria y equipos				
Computadora	Horas	\$ 800	1100	\$ 880.000
Software Solid Edge	Licencia	\$ 300.000	1	\$ 300.000
Fungibles				
Papel	Resma	\$ 10.000	2	\$ 20.000
Tinta	Cartucho	\$ 25.000	1	\$ 25.000
Costo total del proyecto				\$ 14.665.000

Fuente: elaboración propia

Cuadro 23. Costos de fabricación

COSTOS DE FABRICACIÓN	
Concepto	Valor
Soldadura	\$ 2.000.000
Taladrado	\$ 35.000
Forjado en frio	\$ 350.000
Mecanizado	\$ 5.000.000
Instalación	\$ 300.000
Total	\$ 7.685.000

Fuente: elaboración propia

Cuadro 24. Costos de materiales.

COSTOS DE MATERIALES				
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor	Valor Total
Lámina de Acero inoxidable 304 - 2mm espesor	m ²	1	\$ 995.100	\$ 995.100
Lámina de Acero inoxidable 304 - 1mm espesor	m ²	2	\$ 386.600	\$ 773.200
Varilla de 1/4 de pulgada - 6m largo	m	1	\$ 16.800	\$ 16.800
Fundicion de base ALSI 12 CU	kg	155	\$ 23.000	\$ 3.685.000
Fundicion de anillo 1 ALSI 12 CU	kg	48	\$ 23.000	\$ 1.224.000
Fundicion de anillo 2 ALSI 12 CU	kg	22	\$ 23.000	\$ 626.000
Fundicion de anillo 3 ALSI 12 CU	kg	16	\$ 23.000	\$ 488.000
Espaciador Acero SAE 5160 - 7mm espesor	m ²	3	\$ 35.000	\$ 105.000
Platina de Acero SAE 5160 - 1.5mm espesor	m ²	12	\$ 40.000	\$ 480.000
Espaciador Acero SAE 5160 - 1.5mm espesor	m ²	6	\$ 24.000	\$ 144.000
Espaciador de Acero SAE 5160 - 0.5mm espesor	Unidad	18	\$ 15.000	\$ 270.000
Tornillos de sujeción M16 X 2 L=5cm Acero ASTM A574M	Unidad	12	\$ 8.334	\$ 100.008
Tornillos de sujeción M6 X 1 L=5cm Acero ASTM A574M	Unidad	12	\$ 2.000	\$ 24.000
Pernos M12 X 2 L=6cm Acero ASTM A325 Tipo1	Unidad	3	\$ 5.435	\$ 16.305
Tornillos de sujeción M12 X 1.75 L=4.5cm Acero ASTM A325 Tipo1	Unidad	3	\$ 6.667	\$ 20.001
Tornillos de sujeción M12 X 1.75 L=12cm Acero ASTM A325 Tipo1	Unidad	1	\$ 19.765	\$ 19.765
Tornillos de sujeción M20 X 2.5 - L=8cm Acero ASTM A574M	Unidad	3	\$ 21.200	\$ 63.600
Tornillos de sujeción M8 X 1.25 - L=1.6cm Acero ASTM A574M	Unidad	2	\$ 1.215	\$ 2.430
Tornillos de sujeción M4 X 0.7 - L=1cm Acero ASTM A574M	Unidad	2	\$ 350	\$ 700
Tuerca hexagonal M12 X 1.75	Unidad	3	\$ 500	\$ 1.500
Tuerca hexagonal M4 X 0.7	m	2	\$ 100	\$ 200
Perfil estructural cuadrado 40 X 40 - 1.5mm espesor Acero ASTM A500	m ²	1	\$ 40.800	\$ 40.800
Lámina estructural Acero ASTM A36	Unidad	1	\$ 218.000	\$ 218.000
Arandelas de presión 1/4 pulgada	Unidad	12	\$ 100	\$ 1.200
Arandelas de presión 1/2 pulgada	Unidad	7	\$ 200	\$ 1.400
Arandelas de presión 5/8 pulgada	Unidad	12	\$ 300	\$ 3.600
Racor rápido roscado QSML-M5	Unidad	3	\$ 11.500	\$ 34.500
Controlador individual	Unidad	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Electromagnetos serie OAC Kendrion	Unidad	3	\$ 950.000	\$ 2.850.000
Electrodo AWS E7018-1	kg	1	\$ 12.800	\$ 12.800
Material de aporte AWS ER308L	kg	2	\$ 71.000	\$ 142.000
SUBTOTAL				\$ 12.709.909

Fuente: elaboración propia

Cuadro 25. Costos totales de diseño y construcción

COSTOS TOTALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	
Costos	Valor total
Costos de ingeniería	\$ 14.665.000
Costos de materiales	\$ 12.709.909
Costos de fabricación	\$ 7.685.000
Subtotal	\$ 35.059.909
Total imprevistos (5%)	\$ 1.752.995
Costo total de la máquina	\$ 36.812.904

Fuente: elaboración propia

Al indagar el precio comercial de un alimentador de cuenco vibratorio, se estimó un costo promedio de \$ 5000 dólares (ver ANEXO L).

Comparando este valor comercial con el presupuestado en el proyecto (\$20'394.909 de pesos colombianos) que equivale a los costos de materiales y fabricación según las cotizaciones realizadas.

Se concluye que el costo de la máquina está en un rango de precios aceptable, con un incremento de 15,5% del valor en el que se encuentra normalmente en el comercio. Esto sin tener en cuenta que la máquina escogida para la comparación no cuenta con las dimensiones exactas y/o similares a las seleccionadas para el diseño de la misma, ni con los aranceles correspondientes, además de los costos de traslado vía aérea, puesta en punto y demás gastos necesarios para la puesta en marcha de la máquina.

Sin dejar atrás unos factores importantes, como lo son los costos de ingeniería inmersos en la realización del proyecto, los cuales implican un costo adicional al de fabricación y materiales prescritos anteriormente, en un aumento de \$14.665.000 de pesos colombianos, concluyendo con un valor total de la máquina de \$36.812.904 pesos colombianos.

11. CONCLUSIONES

- ❖ En la recopilación de información acerca de las máquinas alimentadoras, es necesario tener una estación por separado para la alimentación continua de piezas a granel, dado esto se evidencia que en el proceso actual de alimentación hay deficiencia en el módulo de envasado.
- ❖ Se concluye que para la puesta en marcha de la máquina alimentadora de botellas son de gran relevancia los requerimientos de velocidad de operación del vibrador eléctrico, dimensiones de la botella y velocidad de entrega de las mismas, debido a que los elementos que la componen están directamente vinculados con la elaboración del diseño.
- ❖ De acuerdo a los criterios de evaluación y alternativas de solución planteadas para satisfacer el diseño de la máquina, se seleccionó una máquina por vibración circular, alimentada por medio de un cuenco cilíndrico, la cual operará con un vibrador eléctrico, un controlador individual y estará soportada en una base de ángulo rápido, dicha combinación es la más adecuada para el área de trabajo establecida.
- ❖ Se diseñó el sistema de acoplamiento y posicionamiento más idóneo para el tamaño de la botella, asegurando por medio de los cálculos el ascenso de la misma por medio de las vibraciones, para que cumpla con el suministro vertical de las botellas.
- ❖ Para el diseño del sistema de amortiguación se tuvo en cuenta la uniformidad que este conlleva, dado a que los fabricantes de este tipo de máquinas así lo sugieren, se seleccionan 3 grupos de flejes para ejercer unas vibraciones más rápidas, suaves y proporcionar un grado de movimiento prodigioso.
- ❖ Se diseñó el sistema de estabilidad y soporte con las características aptas para soportar el peso de la máquina, asegurando que no se deflecten las vigas, ni se pandeen las columnas de la estructura, sumado a esto se mantuvo la uniformidad del perfil estructural 40 x 40 de acero A500 existente en el módulo de envasado del laboratorio de automatización.
- ❖ La precisión en la operación y mantenimiento de la máquina es de vital importancia para que su desempeño sea satisfactorio, por esto los manuales diseñados cumplen a cabalidad con su función, brindándole a usuario las herramientas necesarias para el cumplimiento de los mismos.

- ❖ Los costos de fabricación e ingeniería son bajos y asequibles, sin embargo, la importación es el factor que involucra el mayor porcentaje a la hora de nacionalizar la máquina, representado en 15.5% más del valor comercial de la máquina del representando una solución eficiente en el proceso de envasado de las botellas; sin embargo, los costos de materiales son los más altos no sobrepasando por mucho la mitad de los costos totales del proyecto, siendo aproximadamente de un 52%.
- ❖ De ser implementada la máquina se cumpliría el objetivo general siendo dirigido hacia los estudiantes de Ingeniería Mecánica e Industrial, con tal motivo de fortalecer su perspectiva de la industria que ayuda a afianzar diferentes conceptos teóricos vistos en las asignaturas, dándoles una visión más amplia de lo que es en realidad un proceso industrial.

12.RECOMENDACIONES

- ❖ Una vez construida la máquina, se sugiere que se realice un análisis dinámico para corroborar los datos obtenidos teóricamente.
- ❖ Dado que es un diseño basado en un prototipo funcional, se sugiere que el diseño se materialice para complementar la eficiencia del proceso del módulo de envasado.
- ❖ Se recomienda que no se inicie la máquina sin antes leer el manual de operación, evitando dañar la ingeniería de la misma.

BIBLIOGRAFIA

BARNETT, Rich. GEOMETRÍA. Traducido por Rafael Morones E., México D.F.: McGraw-Hill Inc, 1991. 195 p. ISBN 968-422-244-0.

BENITEZ, Jesus Alberto. Diagnóstico y propuesta de optimización de un sistema para el tratamiento de aguas residuales producidas en el manejo de residuos sólidos peligrosos [en línea]. Trabajo de grado ingeniero ambiental. Valledupar: Universidad Popular del Cesar. Facultad De Ingenierías Y Tecnologías. 2016.[Consultado 10 abril 2019]. Disponible en: <https://docplayer.es/82712923-Universidad-popular-del-cesar-facultad-de-ingenierias-y-tecnologias-programa-de-ingenieria-ambiental-y-sanitaria.html>

BOOTHROYD, Geoffrey. Assembly Automation and Product Design. 2 ed. EE.UU, Taylor & Francis Group, 2005. 39p. ISBN: 1-57444-643-6.

BUDYNAS G.; RICHARD. NISBETT, KEITH. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8 ed. México, McGrawHill, 2008. 460p. ISBN: 978-970-10-6404-7.

COLOMBIA. LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. RESOLUCIÓN No.024. (26, abril, 2005) Por la cual se modifican las normas de calidad de la potencia eléctrica aplicables a los servicios de Distribución de Energía Eléctrica. En: Diario Oficial. Mayo, 2005. Nro.45904. p.1-10.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. [sitio web]. Resolución 627 (07, abril, 2006). Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. [Consulta: 12 de julio 2019]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0627_070406.pdf.

H. Ashrafizadeh, S. Ziaei-Rad. A numerical 2D simulation of part motion in vibratory bowl feeders by discrete element method. Isfahan University of Technology, 2013. Isfahan 84156-83111 (IR).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

MCCORMAC, Jack C; CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero.5 ed. México, Alfaomega, 2013. 106p. ISBN: 978 607 707 559 2.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 400 de 1997. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 Título F- estructuras metálicas [en línea]. p 47. [consultado: 20 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/6titulo-f-nsr-100.pdf>

MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2006. 785p. ISBN: 970 26 0812 0.

NORTON, ROBERT L. DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. 724p. ISBN: 978-607-32-0589-4.

PALACIOS PALACIOS, Jeison Jair y SALINAS VANEGAS, Angie Tatiana. DISEÑO Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN EQUIPO DE ENVASADO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA [en línea]. Trabajo de Investigación para optar al Título de Ingeniero Mecánico. Fundación Universidad De América. Facultad De Ingenierías. Programa De Ingeniería Mecánica. 2018. p. 85. [Consultado: 12 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6916/1/4132706-2018-2-IM.pdf>

RINGEGNI, P. Cálculo de uniones Soldadas. Mecanismos y Elementos de Máquinas [en línea]. 6^a edición. La Plata: Universidad Nacional De La Plata, 2013.p 1-21. [consulta: 05 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Uniones%20soldadas%20sexta%20edicion%202013.pdf>

V.S. CHAVAN; R. ASKHEDKAR and S.B. SANAP. "Analysis of Anti Vibration Mounts for Vibration Isolation In Diesel Engine Generator Set [en linea].En: / International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). University of Pune. May-Jun 2013, vol. 3, p.1423-1428. [consultado: 20 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/df24/a4f87313bd49f199bca89846f3d750616c35.pdf>. ISSN: 2248-9622

VALLE CALDERON, Alberto y GONZÁLES SILVA, Marco Antonio y RODRÍGUEZ MENDIETA, Ricardo David. SISTEMA ALIMENTADOR DE BOTELLAS [en línea]. Trabajo Terminal que para obtener el Título de Ingeniero en Mecatrónica. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12707>

ANEXOS

ANEXO A
CATALOGO ELECTROMAGNETOS



Oscillating Line

Electromagnetic vibrating systems



INDUSTRIAL MAGNETIC SYSTEMS





60%



Vibrating Solenoid OAC

Vibrating solenoids of the OAC series are solenoids with UI core shape and two excitation windings connected in series. They are primarily installed in spring-mass-systems. The peak forces given in the table refer to operational temperature and 90 % of the rated voltage with a reference temperature of 35°C. Peak force F = magnetic force reached at nominal air gap in non-vibrating state. By means of vibrating solenoids directional, linear oscillations of the utilization equipment are generated.

Coil and bobbin are encapsulated in casting resin. Therefore, they are not susceptible to moisture and dust and suitable for rough conditions. The oscillating direction is determined by the geometrical arrangement of the springs in the spring-mass system. The effective amplitude here corresponds to twice the amplitude of the oscillating frequency of the whole system. Vibrating solenoids are infinitely adjustable by the operating voltage. They reach the full conveying power immediately upon switching on, and there are no troublesome starting and stopping effects of unbalance drives.

Fields of Application

Oscillating conveyor drives

Bunker drives

Linear conveyor drives

Vibration tables

Screening technology



Accessories

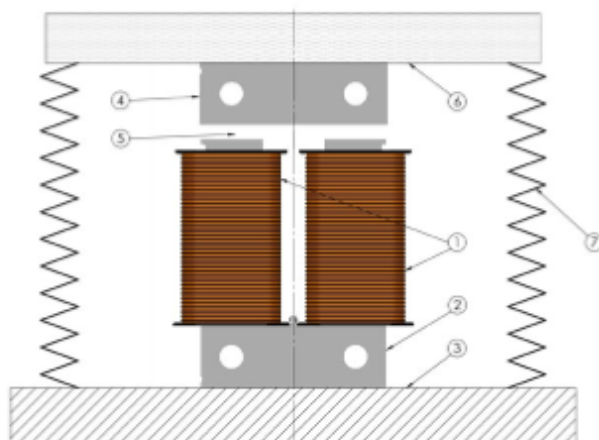
- Phase Angle Control

33 43303B00 / 33 43304B00

Advantages

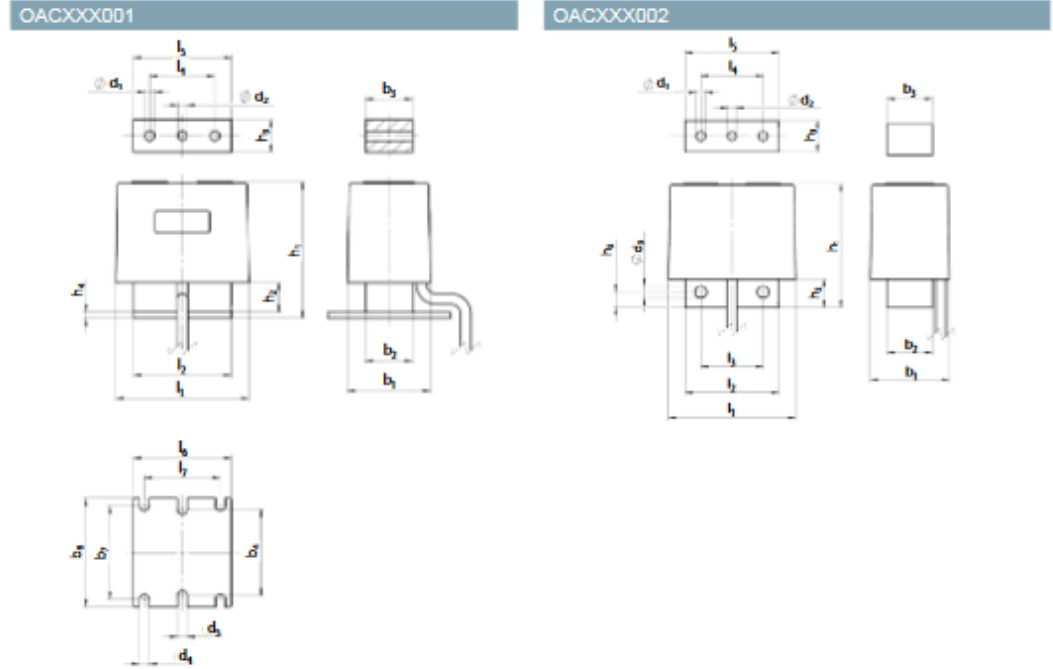
- High performance at small size
- Ideally minimized eddy current losses
- Infinite adjustability using drive voltage and/or frequency

Operating Principle



- 1 = Excitation winding
- 2 = Iron core (yoke)
- 3 = Counter load (free load)
- 4 = Armature
- 5 = Air gap
- 6 = Work load
- 7 = Spring system

Dimension Drawing



Dimension Table

Type	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6	βd_1	βd_2	βd_3	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5		
OAC003001	44	30	-	11	30.5	30	32	28	12	12	22	32	-	42	9.8	10	2	-	3.5	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OAC003002	44	30	20	11	30.5	-	-	28	12	12	-	-	-	40	9.8	10	-	5	3.5	4.1	4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	
OAC006002	60.5	45	29	15	48	-	-	31	15.6	15.6	-	-	-	59	15	15	-	7.5	5.1	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
OAC008001	64	45	-	-	48	45	35	43	20.5	20.5	40	50	43	63	14	15	3	-	-	5.1	-	4.5	4.5	-	-	-	-	-	-	
OAC008002	64	45	29	15	48	-	-	42	20.5	20.5	-	-	-	60	14	15	-	7.5	5.1	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
OAC007001	77	54	-	20	54.5	54	40	44	20.5	20.5	45	60	45	77	19	20	3	-	-	5.1	5.1	-	-	-	-	-	-	-	6.8	
OAC007002	77	54	27	20	54.5	-	-	44	20.5	20.5	-	-	-	74	19	20	-	10	5.1	5.1	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
OAC008001	90	66	-	44	66.5	66	50	56	31.25	31.25	66	63	66	92	20	22	4	-	-	6.5	6.1	-	6.6	6.6	-	-	-	-	-	
OAC008002	90	66	44	44	66.5	-	-	56	31.25	31.25	-	-	-	66	20	22	-	11	6.5	6.1	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
W8B010001	119	66	-	-	66.5	66	63	66	35	35	69	66	69	120	27	30	4	-	-	6.1	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-
W8B010002	119	66	60	60	66.5	-	-	66	35	35	-	-	-	116	27	30	-	15	6.5	-	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
W8B011001	119	66	-	-	66.5	66	63	65	53	53	64	110	64	121	27	30	5	-	-	6.1	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-
W8B011002	119	66	60	60	66.5	-	-	65	53	53	-	-	-	116	27	30	-	15	6.5	-	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W8B012001	119	66	-	-	66.5	66	63	132	100	100	-	180	134	124	27	30	6	-	-	10.2	-	-	9	-	-	-	-	-	-	
W8B012002	119	66	60	30	66.5	-	-	132	100	100	-	-	-	116	27	30	-	15	13	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W8B013001	220	150	-	110	150	150	110	175	100	100	-	180	140	131.5	33	39.5	6	-	-	17	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-
W8B013002	220	150	110	110	150	-	-	175	100	100	-	-	-	129.5	37	39.5	-	20	17	-	17	-	-	17	-	-	-	-	-	-
W8B014001	225	150	-	110	150	150	110	225	150	150	-	230	190	121.5	37	39.5	6	-	-	17	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-
W8B014002	225	150	110	110	150	-	-	225	150	150	-	-	-	129.5	37	39.5	-	20	17	-	17	-	-	17	-	-	-	-	-	-

Technical Data

Designation	OAC003001	OAC003002	OAC005002	OAC006001	OAC006002
Nominal air gap [mm]	2.0	2.0	1.0	2.5	2.5
Connection at 50 Hz [VA]	15.0	15.0	60	70.0	70.0
Peak force at nominal air gap [N]	4.0	4.0	60.0	15.0	15.0
Connection via one-way rectifier [VA]	14.0	14.0	42.0	68.0	68.0
Peak force at nominal air gap at rectifier [N]	5.0	5.0	38.0	24.0	24.0
Armature weight [kg]	0.03	0.03	0.09	0.11	0.11
Magnet weight [kg]	0.18	0.14	0.50	0.64	0.65

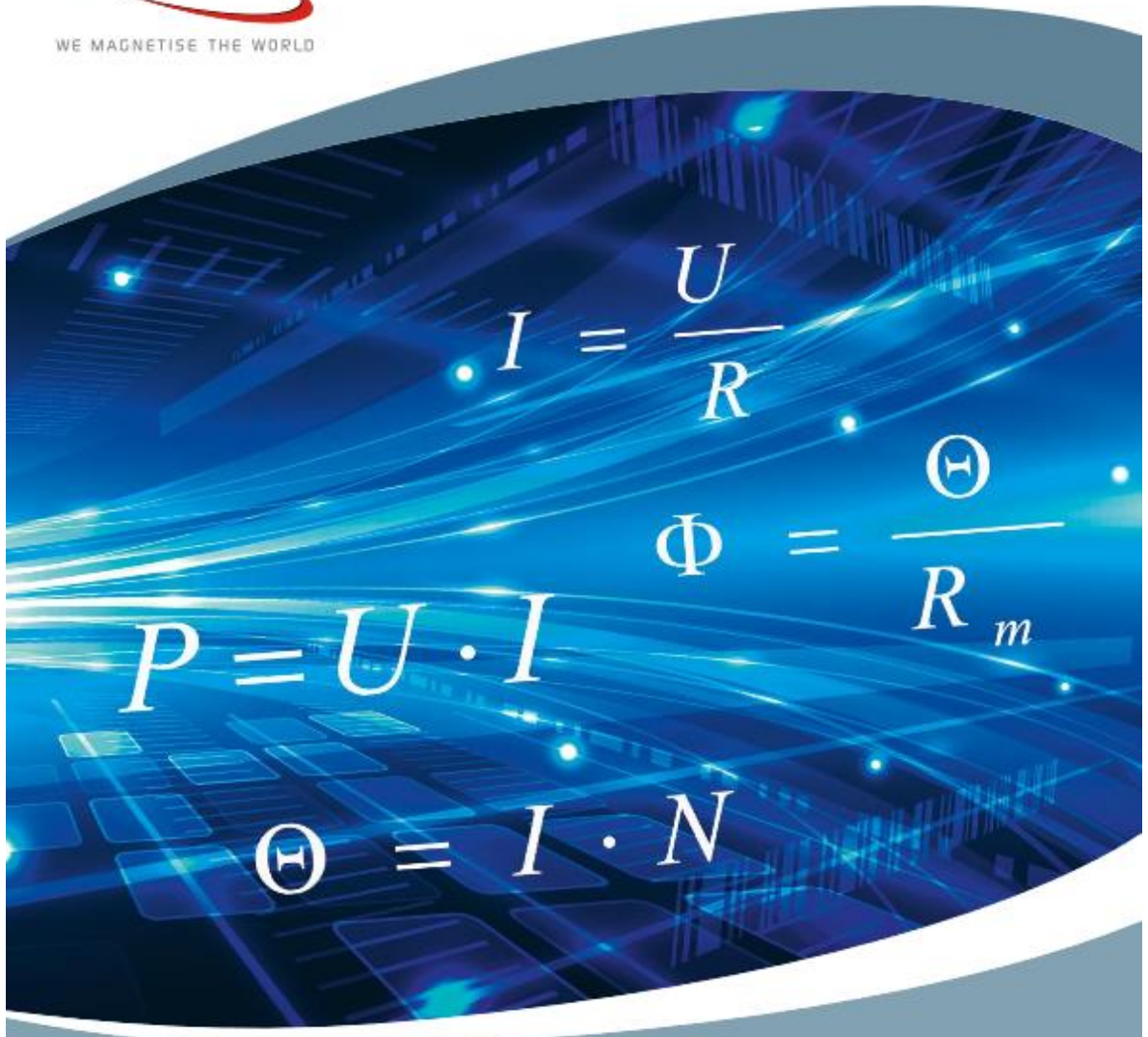
Designation	OAC007001	OAC007002	OAC009001	OAC009002	WSB010001
Nominal air gap [mm]	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5
Connection at 50 Hz [VA]	136.0	136.0	282.0	282.0	480.0
Peak force at nominal air gap [N]	40.0	40.0	110.0	110.0	160.0
Connection via one-way rectifier [VA]	125.0	125.0	315.0	315.0	525.0
Peak force at nominal air gap at rectifier [N]	45.0	45.0	159.0	159.0	200.0
Armature weight [kg]	0.15	0.15	0.33	0.33	0.68
Magnet weight [kg]	0.96	1.06	1.93	2.13	3.85

Designation	WSB011001	WSB012002	WSB013002	WSB014002
Nominal air gap [mm]	3.5	4.0	5.0	6.0
Connection at 50 Hz [VA]	650.0	1000.0	1826.0	3280.0
Peak force at nominal air gap [N]	320.0	360.0	400.0	550.0
Connection via one-way rectifier [VA]	730.0	1155.0	2200.0	3520.0
Peak force at nominal air gap at rectifier [N]	360.0	460.0	480.0	900.0
Armature weight [kg]	1.00	1.80	3.10	6.20
Magnet weight [kg]	6.43	9.20	19.00	26.30



Please ask for other voltage, performance or frequency variants
+49 7575 208 0 or sales-ims@kendrion.com

ANEXO B
PARÁMETROS DEL ELECTROMAGNETO



Technical definitions



INDUSTRIAL MAGNETIC SYSTEMS



Conveyed materials	Material that is conveyed through an oscillating system.
Traps	Sorting elements that are implemented in the conveyor and position the conveyed material correctly
Linear conveyor Trough Conveyor rail	The conveyed material is transported straight to an axial receptacle
Spiral conveyor Round Conveyor Sorter	The conveyed materials are moved upwards in a round conveyor on a spiral track, sorted by "traps" as required, and provided for further processing in a defined position (correct position).
Supply hopper Hopper	Elevator, conveyor belt, plate conveyor, or high-volume linear conveyor for automatic, sensor-controlled refilling conveyed material into the round conveyor
Accumulation sensor Material sensor	Sensor that determines if conveyed material is present/absent at a specified position and initiates measures for material flow
Accumulation switching Fill level controls	An (accumulation) sensor signal and adjustable time delays keeps the material level at a constant level to prevent unnecessary conveyor running times
Hopper controls	A sensor signal and adjustable time delays monitor the material level in the round conveyor and refill it from the bunker upon request (to ensure longer running times without personnel)
Min-max controls Route controls	Two accumulation sensors and adjustable time delays keeps the material level on a constant route to prevent unnecessary conveyor running times
t_{on} / t_{off}	Switch on or off delay of the conveyor drive
Cycle operation	The conveyor "cycles" over adjustable ON/OFF times to refill or separate parts
Umin / Umax	In order to adjust the target value range of different conveyor drives, the minimal and maximum output voltage of the control device may be specified. The adjustable target value range is between these two values
Gentle start	After activation, the conveyor increases to its set conveyor speed along a time-adjustable ramp to prevent previously sorted parts from tipping off/falling off or colliding with the solenoid armature
Gentle stop	After deactivation, the conveyor decreases to "zero" along a time-adjustable ramp to prevent the position of previously sorted parts from changing
Air gap Idle air gap	Clearance between the magnet and armature while the conveyor is idle
Conveyor speed Conveyor output	Conveyor quantity per time unit
Displacement	Movement of the conveyor relative to the idle air gap (2 x oscillation amplitude)
Oscillation frequency	The mechanical oscillation frequency of the conveyor, depending on the feed mains in case of triac/thyristor controls, independent of the feed mains in case of frequency control devices
Resonance frequency	Natural frequency of the system (min. power consumption, maximum, theoretical endless amplitude).
Operating frequency	The frequency specified by the mains (triac/thyristor controls) or by the frequency control device
Resonance distance	The difference between the resonance frequency and operating frequency
Super-critical operation	The operating frequency is above the resonance frequency Working stroke/displacement changes via load/damping.
Sub-critical operation	The operating frequency is below the resonance frequency Working stroke/displacement relatively independent under load/damping.
Half-wave operation 50 Hz – operation 3000 min⁻¹.	Oscillation frequency is equal to the mains frequency, only one half-wave is controlled Example: Mains frequency 50 Hz $\hat{=}$ 3000 min ⁻¹ . Mains frequency 60 Hz $\hat{=}$ 3600 min ⁻¹ .
Full-wave operation 100 Hz – operation 6000 min⁻¹.	Oscillation frequency is double the mains frequency, both mains half-waves are controlled Example: Mains frequency 50 Hz $\hat{=}$ 6000 min ⁻¹ . Mains frequency 60 Hz $\hat{=}$ 7200 min ⁻¹ .

Table 6: Technical terms for oscillation drives

ANEXO C CATALOGO SOLDADURA TIG

CE ALAMBRE PARA ARCO SUMERGIDO (SAW)

Lincolnweld® 308/308L

Inoxidable • AWS ER308, ER308L

Características principales

- ▶ Diseñado para su uso con fundentes básicos principalmente
- ▶ Versátil electrodo diseñado para soldar varios tipos de aceros austeníticos
- ▶ Q2 Lot®: certificado que muestra la composición real del alambre y el número calculado de ferrita (FN) disponible en línea
- ▶ Los niveles balanceados de cromo y níquel le proporcionan suficiente ferrita en el metal soldado para una alta resistencia a las fisuras por calentamiento
- ▶ Se recomienda bajo contenido de carbono donde haya riesgo de corrosión intergranular

Aplicaciones típicas

- ▶ ASTM A743, A744 tipos CF-8 y CF-3
- ▶ ASTM A240 tipos 302, 304, 304L
- ▶ Para unir los grados más comunes de aceros inoxidables austeníticos denominados aceros "18-8"

Cumplimientos

AWS A5.9/A5.9M: 2006	ER308, ER308L
ASME SFA-A5.9:	ER308, ER308L
ABS:	ER308, ER308L
CWB/CSA W48-06:	ER308L
EN ISO 14343-B:	SS308L

Fundentes recomendados

Lincolnweld® 801, 802, 880, 880M, 882, P2007, ST-100

DIÁMETROS/EMPAQUE

Diámetro in (mm)	60 lb (27.2 kg) Bobina Coil
5/64 (2.0)	ED033147
3/32 (2.4)	ED033148
1/8 (3.2)	ED033149
5/32 (4.0)	ED033150

PROPIEDADES MECÁNICAS⁽¹⁾, según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006

	Resistencia a la Cedencia ⁽²⁾ MPa (ksi)	Resistencia a la Tensión MPa (ksi)	Elongación %	Ferrita Número
Requisitos: AWS ER308, ER308L	No especificado			
Resultados de prueba ^{(1),(2)} : como se soldó	380 (55)	565 (82)	42	15

COMPOSICIÓN DE ALAMBRE: según requisitos de AWS A5.9/A5.9M: 2006

	%C ⁽¹⁾	% Cr	&NI	% Mo	% Mn	% Si
Requisitos: AWS ER308L	0.03 máx.	19.5 - 22.0	9.0 - 11.0	0.75 máx.	1.0 - 2.5	0.30 - 0.65
Desempeño típico ⁽²⁾						
Composición de alambre						
Composición de todo el metal soldado ⁽²⁾	0.02	20.1	9.8	0.10	1.8	0.50
	0.02	19.0 - 19.5	9.8	0.10	1.5 - 1.9	0.50 - 0.80

PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES TÍPICOS

Diámetro in (mm)	Velocidad de alimentador de alambre m/min. (in/min.)	Voltaje (voltios)	Actual (amperios)
5/64 (2.0)	2.0-6.1 (80-240)	24-30	190-500
3/32 (2.4)	1.5-5.3 (60-210)	26-32	195-575
1/8 (3.2)	0.9-2.8 (35-110)	28-34	200-700
5/32 (4.0)	0.8-1.9 (30-75)	30-36	320-775

IMPORTANTE: SE REQUIERE VENTILACION Y/O ESCAPE ESPECIAL

Los gases del uso normal de algunos productos de soldadura pueden contener cantidades importantes de componentes como cromo y manganeso, que pueden bajar el nivel máximo de exposición de 5.0 mg/m³ para los gases de soldadura general.
 ANTES DE USAR, LEER Y COMPRENDER LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES (MATERIAL SAFETY DATA SHEET, MSDS) PARA ESTE PRODUCTO E INFORMACIÓN ESPECÍFICA IMPRESA EN EL EMPAQUE DEL PRODUCTO.

(1) Ver el descargo de responsabilidad de los resultados de la prueba en la siguiente página. (2)Requisitos para ER308 es 0.08% máx. de carbono.

CE FUNDENTE DE ARCO SUMERGIDO (SIERRA)

Lincolnweld® 308/308L

Inoxidable • AWS ER308, ER308L

Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS) y Certificados de Conformidad están disponibles en nuestro sitio web en www.lincolnelectric.com

RESULTADOS DE PRUEBAS

Los resultados de las pruebas de Propiedades Mecánicas, de Deposito o la Composición Química del Electrodo y los Niveles de Hidrógeno Difusible se obtuvieron de una soldadura producida y probada de acuerdo a las normas establecidas, y no se deben asumir como los resultados esperados en una aplicación o conjunto de aplicaciones particulares. Los resultados reales pueden variar dependiendo de muchos factores, incluyendo, pero no limitado a: el procedimiento de soldadura, la química y la temperatura de la placa, diseño de la soldadura y los métodos de fabricación. Se advierte a los usuarios que deben confirmar, mediante pruebas de calificación, o cualquier otro medio apropiado, la conveniencia de cualquier consumible de soldadura y el procedimiento antes de su uso en la aplicación prevista.

POLÍTICA DE ASISTENCIA AL CLIENTE

The Lincoln Electric Company es fabricante y vendedor de equipo de soldadura, consumibles y equipo de corte de alta calidad. Nuestro reto es satisfacer las necesidades de nuestros clientes y exceder sus expectativas. En ocasiones, los compradores pueden contactar a Lincoln Electric para obtener información o asesoramiento sobre el uso de nuestros productos. Nuestros empleados responden a las consultas en la medida de sus posibilidades, basándose en la información proporcionada por los clientes y con base en el conocimiento relacionado con la aplicación. Nuestros empleados, sin embargo, no están en condiciones de verificar la información recibida, o de evaluar los requerimientos de ingeniería para una aplicación de soldadura particular. En consecuencia, Lincoln Electric no garantiza ni asume ninguna responsabilidad con respecto a dicha información o consejos. Por otra parte, el suministro de dicha información o asesoramiento no crea, ni amplía o modifica ninguna garantía en nuestros productos. Cualquier expresa o implícita garantía que pudiera derivarse de la información o consejo, incluyendo cualquier garantía implícita de comerciabilidad o cualquier garantía de idoneidad para un fin particular, de cualquier cliente queda específicamente excluida.

Lincoln Electric es un fabricante responsable, pero la selección y uso de productos específicos vendidos por el mismo está únicamente dentro del control del cliente, y sigue siendo la única responsabilidad del cliente. Varías variables más allá del control de Lincoln Electric afectan los resultados obtenidos al aplicar estos tipos de métodos de fabricación y requerimientos de servicio.

Sujeto a Cambio - Esta información es precisa a lo mejor de nuestro conocimiento en el momento de la impresión. Consulte www.lincolnelectric.com para obtener información actualizada.

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY
22901 St. Clair Avenue • Cleveland, OH • 44117-1100 • U.S.A.
Phone: +1.216.481.8100 • www.lincolnelectric.com

LINCOLN ELECTRIC MANUFACTURA S.A. DE C.V.
Blvd. San Pedro #80, Desarrollo Industrial Mieleras • Torreón, Coah. • C.P. 27400 • México.
Phone: +52.871.729.0000 • www.lincolnelectric.com.mx

LINCOLN[®]
ELECTRIC
THE WELDING EXPERTS[®]

ANEXO D
CATALOGO PERFIL ESTRUCTURAL

**PERFIL ESTRUCTURAL
TUBULAR**
Negro y Galvanizado
ASTM A500 (NTC 4526)

CONSORCIO METALURGICO NACIONAL SAS



ACERO EN EVOLUCIÓN



**PÓRTICOS - CERCHAS - COLUMNAS
VIGAS - VIGUETAS - CORREAS**



www.tuboscolmena.com



PERFIL ESTRUCTURAL TUBULAR

Los PERFILES ESTRUCTURALES TUBULARES marca COLMENA, en geometría redonda, cuadrada o rectangular, son una alternativa industrial, diseñada para construir Sistemas Estructurales Metálicos de alta resistencia, de una manera rápida y sencilla. Se puede emplear como columnas, vigas, viguetas simples, en combinación con otros elementos de nuestra línea estructural y/o en conjunto con cualquier otra alternativa del mercado.

➤ ACABADO

Los perfiles se entregan en acero negro; en caso de que se requieran galvanizados se debe consultar con el distribuidor.

➤ IDENTIFICACIÓN

Los perfiles se fabrican con el logotipo COLMENA estampado o marcado con esténcil y la leyenda "COLMENA COLOMBIA ASTM A-500 C Esp. ____ mm ____"

➤ DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Los perfiles tubulares se fabrican de acuerdo a la norma ASTM A-500 con las dimensiones reales indicadas en las tablas, y se comercializan según las dimensiones nominales de común manejo. La longitud normal de fabricación es de 6.00 m, en caso de requerirse otras longitudes se debe consultar con el distribuidor.

TOLENCIAS EN LONGITUD

Perfil 6.7m y menores: + 12.7mm / - 6.4mm

Perfil de 6.7m hasta 13.5m: + 19mm / - 6.4mm

TOLENCIAS EN LONGITUD

Perfiles redondos 0<-1.00" (48.3mm) +/- 10%

0>-2.000" (50.8mm) +/- 0.75%

Tolerancias en espesor del material +/- 10%

Cuadratura en cuadrados y rectangulares: +/- 2°

Radio de esquinas: 2 veces el espesor E.

Rectitud para tubulares medido al centro: 2.08 mm/m

VARIACIONES PERMISIBLES EN LAS DIMENSIONES PLANAS SEGÚN ASTM A-500 (Cuadrados y rectangulares)

DIMENSIÓN PLANA ESPECIFICADA	VARIACIÓN PERMISIBLE	
	PULG.	MM
2 1/2	63,5 o inferior	0,020
2 1/2 - 3 1/2	63,5 - 88,9	0,025
3 1/2 - 5 1/2	88,9 - 139,7	0,030
Mayor de 5 1/2	139,7	0,01 veces la longitud medida

➤ PRUEBAS

Torsión: Según norma ASTM A-500 - NTC 4526

Aplastamiento: Según norma ASTM A-500

Abocardado: Según norma NTC-103

Espesor de capa: Según norma ASTM A-53 (para tubos galvanizados)

➤ IDENTIFICACIÓN

Los perfiles se fabrican con acero laminado en caliente (H.R.) de bajo contenido de carbono, alta soldabilidad y ductibilidad, según normas AISI/SAE 1015, JISG 3132, SPHT 4, ó cualquier otro acero equivalente con los siguientes contenidos máximos en su composición química:

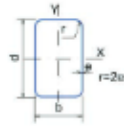
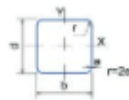
ELEMENTO	% máx.
Carbono	0.27% máx
Manganeso	1.40 % máx
Fósforo	0.045% máx
Azufre	0.045% máx

PROPIEDADES MECÁNICAS REQUERIDAS POR ASTM A-500 GRADO C		
ESFUERZOS	REDONDOS	CUADRADOS Y RECTANGULARES
Fluencia Fy	3,241 kg/cm ²	3,522 kg/cm ²
Último Fu	4,348 kg/cm ²	4,368 kg/cm ²
Elongación en 2"	21%	21%

La relación entre esfuerzo último y esfuerzo de fluencia está entre 1.25 y 1.3 satisfaciendo la relación mínima recomendada para formado en frío de 1.2.

Número de Control: 950-10-F-8

LOS PERFILES TUBERIALES COLUMENA CUMPLEN CON LA NORMA ASTM A 500 GRADO C Y GRADO B
 GRADO C: ESFUERZO DE FLUENCIA $F_y = 3.522 \text{ Kg/cm}^2$ (50.000 PSI) (350 MPa)
 Los tubos en $e = 1.5 \text{ m}$ se suministran en grado B. ESFUERZO DE FLUENCIA $F_y = 3.241 \text{ Kg/cm}^2$ (46.000 PSI) (350 MPa)
 NOTA: LOS TUBOS GALVANIZADOS SE FABRICAN SOBRE PEDIDO.



PERFIL RECTANGULAR															
TAMBAÑO PERFL TAMBAÑO NOMINAL	ESPEJOR DEL PARED e	PESO kg/m	ÁREA cm ²	FLEXIÓN L.C.E. - X				FLEXIÓN L.C.E. - Y				TORSIÓN		UNIDAD DE EMPALME	
				MOMENTO INERCIA I _x cm ⁴	MOMENTO INERCIA I _y cm ⁴	RADIO DE GIRO r _x cm	RADIO DE GIRO r _y cm	MÓDULO PLÁSTICO Z _x cm ³	MÓDULO PLÁSTICO Z _y cm ³	MOMENTO INERCIA J cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO I ₀ cm ⁴				
20107	50 x 10	1.50	1.37	1.72	4.04	1.91	1.67	0.50	0.77	0.54	2.46	0.90	1.91	1.45	30
		2.00	1.77	2.25	7.21	2.98	1.85	2.39	2.08	1.11	3.29	2.24	6.71	3.58	
		2.50	2.24	2.94	8.75	3.75	1.87	2.49	2.58	1.08	4.74	2.90	8.43	4.48	
23001107	60 x 40	1.50	2.02	3.09	11.55	4.44	1.79	4.09	3.03	1.07	3.09	3.50	10.41	5.31	20
		2.00	2.74	4.28	19.08	4.61	2.20	4.91	3.60	1.54	5.09	4.67	14.08	5.99	
		2.50	3.45	5.79	27.00	5.00	2.48	6.05	4.57	1.97	7.27	5.26	19.25	7.02	
30110	70 x 30	1.50	2.00	2.73	17.00	5.80	2.18	4.05	4.57	1.57	2.73	2.73	10.25	5.10	10
		2.00	2.69	4.08	21.18	7.08	2.35	4.92	5.45	1.58	3.75	4.26	20.67	5.18	
		2.50	3.45	5.41	24.33	8.11	2.57	5.79	6.73	1.48	4.48	5.14	36.00	11.70	
31012102	80 x 40	1.50	2.57	3.27	24.92	4.54	2.78	4.54	4.89	1.81	3.87	5.00	20.58	7.74	10
		2.00	3.37	4.78	39.05	4.47	2.73	5.60	5.77	1.68	4.48	5.47	26.45	8.03	
		2.50	4.15	5.79	50.94	5.14	2.79	6.55	6.75	1.57	5.25	7.25	32.40	11.94	
31012102	80 x 40	1.50	4.90	6.24	44.67	11.73	2.98	14.90	7.86	1.54	14.88	6.14	36.00	13.70	10
		2.00	5.19	6.61	52.25	13.08	2.81	17.54	8.70	1.63	16.54	10.16	44.28	15.30	
		2.50	5.18	6.05	44.00	4.86	3.23	18.45	7.26	2.17	17.08	8.87	41.07	17.37	
21032	90 x 30	1.50	4.19	5.24	58.15	12.90	3.20	23.41	9.26	2.00	19.70	10.52	53.03	15.03	15
		2.00	5.17	6.58	78.08	15.86	3.27	28.28	11.21	2.07	19.29	12.88	65.75	19.32	
		2.50	6.12	7.81	92.24	18.24	3.25	33.00	13.07	2.05	22.67	15.85	77.28	22.49	
40147	100 x 40	1.50	5.19	6.05	86.89	18.10	3.53	32.14	13.00	1.73	22.88	6.69	71.90	18.00	15
		2.00	6.18	7.81	107.88	21.00	3.50	38.00	15.47	2.00	22.67	14.81	76.58	21.64	
		2.50	6.18	6.61	86.46	21.29	3.56	36.05	14.47	2.07	26.05	16.44	86.00	25.00	
602	100 x 50	1.50	6.59	10.35	124.14	28.03	3.58	44.95	17.90	2.03	34.19	20.93	114.32	31.55	10
		2.00	7.45	11.94	156.04	32.46	4.44	45.75	16.20	2.57	37.00	16.87	108.00	36.47	
		2.50	8.18	13.59	181.03	37.43	4.88	50.58	17.53	2.88	40.54	20.11	120.18	32.22	
4300230	120 x 60	1.50	6.01	10.20	105.96	32.58	4.38	46.03	21.71	2.52	40.05	24.46	104.04	31.73	10
		2.00	6.96	11.81	128.55	38.11	5.12	52.05	21.86	2.15	34.43	23.49	100.00	30.36	
		2.50	7.93	14.05	158.05	43.85	5.95	58.16	26.47	2.18	36.47	30.13	109.82	40.51	
804	150 x 50	1.50	9.49	18.05	208.03	50.20	5.00	58.57	32.71	4.18	50.57	22.58	184.86	48.15	10
		2.00	11.00	21.03	254.00	51.20	5.58	64.19	38.04	4.18	53.88	30.30	197.00	54.81	
		2.50	12.13	26.05	304.18	56.67	6.87	68.53	43.00	3.88	54.07	38.00	211.00	66.03	
802334	200 x 70	1.50	22.58	38.03	1,304.48	138.46	6.74	255.38	72.87	2.82	178.25	83.75	741.83	133.47	10
		2.00	28.00	48.05	1,798.71	178.87	7.75	419.78	82.36	4.75	148.04	97.70	888.28	142.81	
		2.50	34.40	58.03	2,422.21	172.12	8.48	545.81	115.28	4.14	212.27	121.50	1,005.88	200.03	
1004	250 x 100	1.50	36.18	58.36	2,563.76	204.03	8.75	608.85	121.47	4.78	264.54	204.51	1,265.04	217.48	1
		2.00	40.00	68.36	3,304.11	204.23	9.28	1,007.85	204.86	6.27	218.75	248.22	1,337.24	237.32	
		2.50	46.11	80.38	4,085.22	211.81	10.29	722.77	144.55	4.34	388.15	198.59	2,049.31	282.85	
11405A	300 x 100	1.50	41.42	82.78	4,465.64	262.71	10.17	864.21	188.84	4.75	472.67	215.84	2,784.27	348.77	1
		2.00	52.42	98.78	6,222.23	262.82	12.27	2,720.82	284.21	5.48	522.87	405.79	3,888.57	449.79	
		2.50	60.00	107.87	7,180.00	186.55	14.40	7,314.20	227.43	6.42	1,391.08	416.75	5,121.81	1,364.67	

PERFIL CUADRADO												
TAMBAÑO PERFL TAMBAÑO NOMINAL	ESPEJOR DEL PARED e	PESO kg/m	ÁREA cm ²	FLEXIÓN				TORSIÓN		UNIDAD DE EMPALME		
				MOMENTO INERCIA I _x = I _y cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO S _x = S _y cm ³	RADIO DE GIRO r _x = r _y cm	MÓDULO PLÁSTICO Z _x = Z _y cm ³	MOMENTO INERCIA J cm ⁴	MÓDULO ELÁSTICO I ₀ cm ⁴			
1X1	25 X 25	1.50	1.96	1.35	1.22	0.87	0.85	1.17	2.03	1.48	30	
		2.00	1.38	1.73	1.48	1.39	0.93	1.47	2.68	1.82		
		2.50	1.64	2.00	1.69	1.25	0.90	1.71	3.07	2.11		
1407X1407	40 X 40	1.50	1.77	2.25	5.48	2.75	1.56	3.29	8.77	4.13	25	
		2.00	2.31	2.84	6.94	3.47	1.54	4.13	11.26	5.25		
		2.50	2.92	3.59	8.22	4.11	1.51	4.97	13.79	6.25		
2X2	50 X 50	1.50	2.28	2.89	11.07	4.43	1.87	5.75	11.45	4.85	25	
		2.00	2.90	3.73	14.15	5.65	1.85	6.65	19.73	6.03		
		2.50	3.60	4.68	16.94	6.78	1.82	8.67	27.75	16.26		
21012102	60 X 60	1.50	4.25	5.41	19.47	7.79	1.90	8.39	32.03	11.84	25	
		2.00	5.19	6.81	25.14	8.38	2.25	9.79	38.81	12.61		
		2.50	6.59	8.59	30.94	10.11	2.33	11.88	46.82	15.26		
2304X2304	70 X 70	1.50	5.19	6.81	35.73	11.71	2.21	13.95	51.57	17.73	25	
		2.00	6.18	7.81	47.03	14.42	2.74	16.54	76.78	21.27		
		2.50	6.18	6.61	41.02	16.44	2.71	19.42	92.98	24.82		
3X3	75 X 75	1.50	6.00	8.41	41.02	16.44	2.71	19.42	92.98	24.82	10	
		2.00	8.20	10.85	50.19	24.85	2.87	26.75	148.83	36.40		
		2.50	12.27	15.63	100.16	30.84	2.77	38.28	288.88	48.43		
3102X3102	80 X 80	1.50	6.45	8.54	49.86	19.75	3.58	22.78	138.32	29.88	10	
		2.00	8.01	10.20	107.28	28.29	3.53	33.84	282.14	42.08		
		2.50	6.07	7.74	103.01	24.60	3.88	30.30	180.75	36.94		
4X4	100 X 100	1.50	7.03	9.58	160.63	38.53	3.86	34.86	285.64	45.27	10	
		2.00	8.96	11.81	177.85	35.41	3.94	41.21	279.48	53.27		
		2.50	11.23	14.85	235.25	42.27	3.89	53.20	364.04	68.21		
5102X510	135 X 135	1.50	16.08	21.63	311.47	62.29	3.79	75.18	571.28	94.85	10	
		2.00	18.13	26.05	384.79	86.48	4.32	100.75	677.81	115.00		
		2.50	22.58	38.03	519.72	121.44	5.22	143.72	1,238.14	183.57		
6X6	150 X 150	1.50	38.01	22.85	887.87	187.71	5.83	194.87	1,267.87	183.03	10	
		2.00	46.40	33.63	1,145.91	229.79	5.84	178.88	1,843.64	238.58		
		2.50	30.11	38.36	2,410.09	241.81	7.83	278.87	3,771.88	302.24		
7101X710	200 X 200	1.50	41.43	62.78	3,236.47	323.85	7.83	318.83	5,198.78	487.87	1	
		2.00	50.59	75.29	7,215.85	385.25	9.87	680.57	11,586.64	681.14		
		18.00	73.34	83.47	8,841.86	787.35	9.73	830.79	14,229.85	1,067.65		
10X10	250 X 250	1.50	88.04	113.42	15,713.88	1,867.59	11.77	1,229.86	24,492.80	1,577.87	1	
		2.00	106.61	134.63	19,334.49	2,222.30	11.67	1,429.87	29,595.29	1,946.80		



Calle 45A SUR # 60 - 57 - Sevillana, Bogotá D.C. · Tels: (1) 728 0211 - 724 4655 · Fax: (1) 724 0171
www.tuboscolmena.com

Síguenos en: @TubosColmena TubosColmena

ANEXO E CATALOGO SOLDADURA ESTRUCTURAL



CONSUMIBLES COMUNES
PARA SOLDAR

CARACTERISTICAS

WEST ARCO, cuenta con un metal de aporte para cada necesidad, en caso de no encontrar el indicado, consulte con nuestro departamento técnico
 ★ para pasar de psi a MPa (N/mm²) dividir por 1000 y multiplicar por 6.894757
 ac: Corriente alterna
 doop: Corriente directa electrodeado al positivo dca: Corriente directa electrodeado al negativo

ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO (AWS A5.1)	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Características y Aplicaciones	Resistencia a la Tracción psi	Unidad de Phosforo ppm	Clasificación (%)	Resistencia al Impacto (Charpy con absorbedor 10°)	Posición para soldar	Tipo de Corriente	AMPERIOS				
										3/32"	1/8"	5/32"	3/16"	
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS DE BAJA ALEACIÓN (AWS A5.5)	E6010	XL 610	Es un electrodo de alta penetración y rápida solidificación. Para soldar aceros de bajo carbono, línea ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.	52.000 72.000	52.000 52.000	22 al 55	1000 -20	27 a 100	100ac	doop	60-80	70-115	90-150	120-210
	E6010	ZIP 10T	Es un electrodo de muy buena penetración, con poco de humo, buena calidad radiológica especialmente diseñado para electrodo, gasoleros, conexiones navales, estructuras de acero y recipientes a presión.	52.000 72.000	52.000 52.000	22 al 55	-20	27 a 100	100ac	doop	60-80	70-120	90-155	120-180
	E6011	ACP 611SS	Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono en tuberías, estructuras, conexiones navales, recipientes a presión, etc. Especialmente para la penetración.	52.000 74.000	52.000 60.000	27 al 55	-20	27 a 100	100ac	ac o doop	60-80	70-115	90-150	120-210
	E6013	SUPER SW 613	Construcción de hierro en general, carpintería mecánica con línea delgada, fabricación de piezas, vases, rajas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general.	52.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	30	40 a 110	100ac	ac, doop o dca	60-900	60-100	60-100	120-160
	E6013	SW 613	Carpinterías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rajas, vases y ornamentación en general.	52.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	30	50 a 110	100ac	ac, doop o dca	60-90	60-100	110-150	150-210
	E6013	SW 10	Electrodo de tipo simple de fácil manipulación, desarrollado para toda clase de soldaduras que requieren poca penetración. Se emplea para construcciones de hierro en general, carpintería mecánica con línea delgada, fabricación de piezas, vases, rajas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general. Puede emplearse la técnica de arco para juntas planas y horizontales.	50.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	30	40 a 110	100ac	ac, doop o dca	60-900	60-100	120-160	
	E7014	ZIP 14	Construcción de maquinaria, partes de máquinas, implementos agrícolas, muelles de ornamentación, tuberías, recipientes de presión y sus accesorios. Equipos de ferrocarril, construcciones navales y soldadura de aceros estructurales.	70.000 90.000	52.000 68.000	22 al 28	30	50 a 100	100ac	ac, doop o dca	70-110	110-150	120-200	175-275
	E7024	ZIP 24	Partes y equipos pesados, equipo de construcción, implementos agrícolas, tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, maquinaria de minería, carros de ferrocarril y construcción naval y en general para aceros de bajo contenido de carbono.	70.000 90.000	50.000 70.000	22 al 25	30	45 a 100	100ac	ac, doop o dca	140-180	180-250	225-300	
	E7018-1	WIZ 18	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70.000 lb/psi de resistencia a la tracción, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión especialmente cuando se requiere alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.	70.000 90.000	52.000 70.000	22 al 55	-20 -46	50 90	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E7018	WIZ 18 S	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70.000 lb/psi de resistencia a la tracción, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión, calderas, vagones de ferrocarril, etc.	72.000 94.000	52.000 72.000	24 al 35	-25	70	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS DE BAJA ALEACIÓN (AWS A5.5)	E7010-A1	ZIP 710 A1	Tuberías, tanques de alta presión, calderas y aplicaciones a las temperaturas de servicio típicas de los aceros con 0.5% de molibdeno. Aceros de tipo API SLX grados X60, X48 y X50.	70.000 90.000	52.000 68.000	22 al 52	0	60 a 110	100ac	doop	50-80	60-120	120-155	160-250
	E9010 G	XL 810 G	Tuberías y accesorios en aceros API NEX grado X30, X40 y X50 y otros aceros de resistencia a la tracción mínima especificada de hasta 90 ksi.	90.000 92.000	67.000 77.000	22 al 29	-10 -20	62 a 100 30 a 70	100ac	doop	50-80	60-120	120-155	160-250
	E9010 G	XL 910 G	Tuberías de acero API SLX-MSX o SLX-X10 y otros aceros similares de resistencia a la tracción mínima especificada de hasta 90 ksi.	90.000 90.000	77.000 87.000	18 al 24	0	90 a 100	100ac	doop	60-80	60-120	120-155	160-250
	E7018-A1	WIZ 718 A1	Se usa en soldaduras de aceros ASTM A-299, A-360 grado 111, A-350 clase F11 y otros con contenido de molibdeno de 0.05% empalmes a temperaturas de servicio inermadas.	77.000 90.000	65.000 72.000	27 al 52			100ac	ac o doop	100-145	125-200	160-250	
	E7018 G	WIZ 18 G	Diseñado especialmente para la soldadura de tuberías API SLX grado 300 y 305 cuando se requiere alta resistencia al impacto a temperaturas del orden de 40° C.	70.000 82.000	52.000 70.000	25 al 55	-18	90 a 140	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	
	E7018-W1	WIZ 718 W1	Se utiliza en aplicaciones donde se requiere especial resistencia a las condiciones atmosféricas en la soldadura de aceros ASTM A360, A360, A414, A572 grados 40 y 50 y aceros con contenido de cobre, cuya resistencia a la tracción no supera 70 ksi.	80.000 90.000	67.000 77.000	22 al 52			100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	
	E8018-B1	WIZ 818 B1	Se utiliza para soldar aceros de 0.5% cromo y 0.5% molibdeno tales como los ASTM, A-333 Grado PS, A-360 F20, A-450 F20, A-513 grado T2 y A-350 grado 5. También se puede usar para soldar otros aceros de baja aleación con resistencia a la tracción en el rango de 50 a 55 higher (50 a 60 ksi).	80.000 90.000	67.000 77.000	22 al 52			100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	
	E8018-B2	WIZ 818 B2	Trabajos de alta resistencia, como espesores a medianas temperaturas, se recomiendan para los aceros ASTM A-305 F12, A-305 grado FP11 y FP12, A302 grados F11 y F12, A-217 Or WC11 y similares.	80.000 90.000	67.000 77.000	22 al 28			100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E8018-C1	WIZ 818 C1	Es ampliamente usado en tanques y tuberías que operan a bajas temperaturas (-70°F), aceros que contienen 0% de níquel y aceros ASTM A-305 grados A y B.	80.000 90.000	67.000 77.000	22 al 54	-50	50 a 100	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E8018-C2	WIZ 818 C2	Para soldar aceros con 2.5 y 0.5% de níquel. Se emplea en la fabricación de tanques, tuberías y otros piezas que van a ser sometidas a temperaturas hasta de 70°C. Para aceros tales como el ASTM A-305.	80.000 90.000	67.000 77.000	24 al 54	-75	90 a 70	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES (AWS A5.9)	E8018-C3	WIZ 818 C3	Puede ser usado para soldar aceros ASTM A-146 grado 90-90, y similares. Se utiliza también para aceros de resistencia hasta de 90 ksi, especialmente si debe trabajar a bajas temperaturas, hasta el orden de -40°C.	80.000 90.000	67.000 77.000	24 al 52	-40	90 a 100	100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E9018-B3	WIZ 918 B3	Se recomiendan en aplicaciones tales como: ASTM A-182 (grado F-302, A-213 Grado 1b) y otros aceros en piezas que van a trabajar a temperaturas de 400°F elevadas.	80.000 100.000	77.000 87.000	29 al 59			100ac	ac o doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E9018-G	WIZ 918 G	Se recomiendan aplicar en aquellos aceros cuya resistencia a la tracción sea hasta de 90.000 psi. Se puede trabajar en aceros fundidos de alta resistencia mecánica, en aceros para plantas nucleares, etc.	90.000 100.000	77.000 87.000	20 al 30	-20	40 a 100	100ac	ac o doop	100-145	125-200	170-270	
	E9018-D1	WIZ 918 D1	Especialmente diseñado para la unión de aceros manganeso-molibdeno como el ASTM A302 grado B y en general aceros de bajo carbono o de baja aleación con resistencia a la tracción mínima especificada hasta de 90 ksi, con requisitos de resistencia al impacto a baja temperatura.	80.000 100.000	77.000 87.000	24 al 52	-51	27 a 140	100ac	ac o doop	100-145	125-200	170-270	
	E11018-M	WIZ 1118 M	Especial para soldar aceros de baja aleación y alta resistencia, como el HY-80. Soldaduras que brinde alta resistencia al impacto en piezas sometidas a bajas temperaturas. Se usa en carcacas de molinos, palas mecánicas, estructuras de maquinaria, etc.	110.000 120.000	90.000 100.000	20 al 50	-51	40 a 100	100ac	doop	70-900	100-145	125-200	170-270
	E308L-15	CROMARCO 308L-15	El CROMARCO 308L-15 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L, en todas las posiciones, en especial en vertical ascendente.	75.000 90.000		40 al 60			100ac	doop	70-900	100-145	125-200	150-250
	E308L-16	CROMARCO 308L-16	El CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 304, 308 y 308L.	75.000 90.000		40 al 60			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-135	150-250
	E309-16	CROMARCO 309-16	Está diseñado para soldadura de aleaciones tipo 309, se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para unir aleaciones al 52% de cromo con aceros al carbono. Otra aplicación es la soldadura de Clad Steel, tipo AISI 304.	80.000 90.000		30 al 45			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-135	150-250
	E312-16	CROMARCO 312-16	El CROMARCO 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones diamétricas. Se usa también como cátodo para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	100.000 120.000		22 al 50			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-135	150-250
	E316L-16	CROMARCO 316L-16	Para soldar aceros inoxidables AISI 216 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-135	
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES (AWS A5.9)	E347-16	CROMARCO 347-16	Para soldar aceros inoxidables AISI 347 y 301. Pueden utilizarse también en las mismas aplicaciones del CROMARCO 308L-16.	75.000 90.000		30 al 45			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-135	
	E308L-16	CROMARCO 308L-16 PRCEMIUM	El CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 304, 308 y 308L.	75.000 90.000		35 al 60			100ac	ac o doop	40-70	70-100	100-140	150-250
	E309L-16	CROMARCO 309L-16 PRCEMIUM	Está diseñado para soldadura de aleaciones tipo AISI 309 y 300. Se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidables. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para unir uniones diamétricas entre los aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Otra aplicación es la unión de soldadura Clad Steel, Tipo AISI 304, y 304L.	75.000 90.000		30 al 45			100ac	ac o doop	40-50	70-110	100-140	150-250
	E312-16	CROMARCO 312-16 PRCEMIUM	El CROMARCO 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones diamétricas. Se usa también como cátodo para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	100.000 120.000		22 al 50			100ac	ac o doop	40-50	70-110	100-140	150-250
	E316L-16	CROMARCO 316L-16 PRCEMIUM	Para soldar aceros inoxidables AISI 216 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50			100ac	ac o doop	40-50	70-110	100-140	150-250
	E308L-16	WEST INOX 308L-16	El WEST INOX 308L se usa para soldar tanques, tuberías y reactores de acero inoxidable tipo AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 304, 308 y 308L.	75.000 90.000		30 al 50			100ac	ac o doop	40-50	70-110	100-140	150-250
	E309L-16	WEST INOX 309L-16	Está diseñado para la unión de aceros tipo AISI 309 y 304L. Se usa también para uniones diamétricas entre aceros al carbono y aceros inoxidables. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Se emplea también para la unión de Clad Steel tipos AISI 304L y 304, lo mismo que para recubrimiento de aceros al carbono.	75.000 90.000		30 al 45			100ac	ac o doop	40-50	70-110	100-140	150-250

Continúa al respaldo

Categoría	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Características y Aplicaciones	Resistencia a la tracción (ksi)	Límite de fluencia (ksi)	Elongación (%)	Temperatura de servicio (°C)	Temperatura de servicio (°F)	Tipo de Electrodo	AMPERIOS			
										3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
ALUMINIO WEST ARCO AWS AL 5	E4043	WEST ARCO ALUMINIO ELECTRICO	El Aluminio Eléctrico West Arco es un electrodo de uso general. Se utiliza para la unión y reparación de placas de aluminio y aleaciones tales como 1100, 1200, 3003 y aleaciones aluminio - magnesio (hasta 0.5% Mg)	14,000			100		PLANA	deep	60-90		
	EL 12	WA 60	Se utiliza en la fabricación de vigas, perfiles y estructuras, tanques, cilindros, tuberías, etc. La composición química y las propiedades mecánicas del depósito dependen del fundente utilizado.						PLANA Y RECTILÍNEA	deep			
ALUMINIO PARA SUDAR AWS AL 5.1 Y AL 5.2	EM 12K	WA 61	Se utiliza en la fabricación de vigas, perfiles y estructuras, tanques, cilindros, tuberías, etc. La composición química y las propiedades mecánicas del depósito dependen del fundente utilizado.						PLANA Y RECTILÍNEA	deep			
	ERT05-6	WA 86	Especialmente adecuado para soldar líneas de alta tensión, fabricación de tanques, carrocerías, implementos agrícolas, tractores, camiones, embarcaciones, etc.	72,000 65,000	60,000 54,000	22 a 30	-23	27 a 120	TORNAS	deep	60-120	80-200	100-240
ALUMINIO PARA SUDAR AWS AL 5.1 Y AL 5.2	ERT05-6	WA 70 S6	Se emplea para la soldadura de aceros al carbono de resistencia a la tracción hasta de 70,000 psi. Se utiliza con Argón como gas de protección. Las aplicaciones principales se encuentran en sistemas de líneas de alta tensión.	resistencia 70,000	resistencia 62,000	resistencia 22	20	resistencia 27	TORNAS	deep			
	ENICI	NIQUEL 100	El Niquel 100 fabrica un metal para la soldadura de piezas de hierro gris de alta resistencia. Para cubetas y bloques de motores y compresores. Refino de piezas y en general para todo trabajo en hierro fundido gris. Uniones de fundición gris con aceros al carbono.	55,000 45,000	32,000 27,000	3 a 6	600	resistencia 27	TORNAS	ac, deep o ditch	40-80	15-100	90-150
ELECTRODOS RECOMENDADOS PARA LAS UNIONES FUNDIDAS DE HIERRO (AWS A5.1)	ENICI	NIQUEL 100 BÁSICO	El Niquel 100 fabrica un metal para la soldadura de piezas de hierro gris de alta resistencia. Para cubetas y bloques de motores y compresores, refino de piezas y en general para todo trabajo en piezas de hierro fundido gris. También se emplea para la unión de hierro gris con acero al carbono.	55,000 45,000	32,000 27,000	3 a 6	600	resistencia 27	TORNAS	ac, deep o ditch	15-100		
	ES1	CASTINGWELD	Se utiliza para el refino de defectos de fundición y para soldaduras de baja exigencia en hierro fundido gris. Para aplicaciones que no requieren maquinado.						TORNAS	ac o deep	100-130	150-170	170-210
ELECTRODOS RECOMENDADOS PARA LAS UNIONES FUNDIDAS DE HIERRO (AWS A5.1)	WEST ARCO DUREWELD 250	DUROWELD 250	Reconstrucción de ejes, engranajes, flejes y mandos y otras piezas sometidas a flexión especialmente cuando requieren ser maquinadas. Se utiliza también como refino posterior aplicación de un recubrimiento de mayor dureza.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240
	WEST ARCO DUREWELD 350	DUROWELD 350	Reconstrucción de ejes, sellos, ruedas, etc. Reconstrucción de rodillos, sprockets y piezas sometidas a flexión metal metal con abrasivos interpenetrados.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240
	WEST ARCO DUREWELD 450	DUROWELD 450	Reconstrucción de cadenas de tracción. Rodillos de engrajes, sprockets, etc.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240
	WEST ARCO DUREWELD 550	DUROWELD 550	Reconstrucción de anillos, carcasas e impulsadores de bombas de arena y bolid. Fondo de baldes de dragas, bordes de cuchetas. Placas laterales de retroexcavadoras, etc.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240
	WEST ARCO DUREWELD 650	DUROWELD 650	El Dureweld 650 se utiliza para la reconstrucción de baleros y ejes de coque "almorja", excavadoras, cuchillas de niveladoras, cargadores, cuchillas de corte de materiales moderadamente abrasivos (cartón, laca, corcho, papel, etc.), piezas de alta dureza para empuje y conformes medidos en frío, reconstrucción de ejes, etc.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240
WEST DUR 600	WEST DUR 600	El West Dur 600 está especialmente indicado para la reconstrucción de ejes y juntas helicoidales. Se utiliza para la incorporación de piezas de corte, empuje y conformado hechas en aceros herramienta tales como el A2, H13. Puede utilizarse también en dragas, excavadoras, cargadores y otras piezas sometidas a abrasión.						PLANA, RECTILÍNEA, o progresiva	ac o deep	100-140	130-160	160-240	
WEST ARCO SOLDOMANG	SOLDOMANG	Reconstrucción de equipos para movimiento de tierra sometidos a impacto. Reconstrucción, reparación y soldadura de accesorios de alta resistencia de maquinaria (excavadoras, tractores, camiones, etc.). Reconstrucción, reparación o soldadura de bituminados, martillos, para bituminados, cilindros de trípates, partes de dragas, zapatas para orugas de bulldozers, mandos de trituradoras, etc.						TORNAS	ac, deep o ditch	65-120	110-215	155-270	

Consulte en nuestra página web: Recomendaciones para soldar Acero Inoxidable, Fundiciones de Hierro y para soldar con electrodos de Bajo Hidrógeno.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AWS PARA METALES APORTES

La especificación AWS A5.1, la cual se refiere a los electrodos recomendados para soldar aceros al carbono, sigue con la siguiente clasificación:

E 10000 - 1 H 1 R
Dicho:

E: Indica electrodo para soldadura por arco eléctrico, el cual por definición es un conductor de la corriente eléctrica

100: Dos dígitos que designan la mínima resistencia a la tracción del metal de soldadura depositada, en ksi.

H: Una letra que designa la posición o posiciones de soldadura en las que puede usarse el electrodo. E indica 2-6; plana y horizontal en frío y 4; en posición vertical en posición descendente.

R: Una letra que designa el tipo de metalización y el tipo de contenido y potencia aplicado para el electrodo. 1 y 4; metalización básica; 2, 3 y 4; metalización básica (bajo hidrógeno).

(Las designaciones después del guión son opcionales)

E: Designa que el electrodo [E7018, E7018 (E7018)] cumple los requisitos de impacto requerido y de ductilidad requerida en el caso del E7018.

H2: Indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de hidrógeno disueltos para niveles de "2" de 4, 6 y 8 ml de H₂ por cada 100 gramos de metal depositado (solo para electrodos recomendados de bajo hidrógeno).

R: Indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 100 °F y 100% de humedad relativa (solo para electrodos recomendados de bajo hidrógeno).

La especificación AWS A5.1, que trata los requisitos de los electrodos recomendados para soldar aceros al carbono de bajo hidrógeno, sigue con la siguiente clasificación:

F 30000 YY
Dicho:

F: Indica electrodo para soldadura de arco eléctrico.

3000: Indica la composición química del depósito de soldadura para, la cual se basa en la designación A5.1 para los aceros inoxidables.

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

La especificación AWS A5.1, electrodos recomendados para soldar fundiciones de hierro, sigue con la siguiente clasificación:

E 10000 - 1 H 1 R
Dicho:

E: Indica electrodo para soldadura por arco eléctrico, el cual por definición es un conductor de la corriente eléctrica

100: Dos dígitos que designan la mínima resistencia a la tracción del metal de soldadura depositada, en ksi.

H: Una letra que designa la posición o posiciones de soldadura en las que puede usarse el electrodo. E indica 2-6; plana y horizontal en frío y 4; en posición vertical en posición descendente.

R: Una letra que designa el tipo de metalización y el tipo de contenido y potencia aplicado para el electrodo. 1 y 4; metalización básica; 2, 3 y 4; metalización básica (bajo hidrógeno).

(Las designaciones después del guión son opcionales)

E: Designa que el electrodo [E7018, E7018 (E7018)] cumple los requisitos de impacto requerido y de ductilidad requerida en el caso del E7018.

H2: Indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de hidrógeno disueltos para niveles de "2" de 4, 6 y 8 ml de H₂ por cada 100 gramos de metal depositado (solo para electrodos recomendados de bajo hidrógeno).

R: Indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 100 °F y 100% de humedad relativa (solo para electrodos recomendados de bajo hidrógeno).

La especificación AWS A5.1, que trata los requisitos de los electrodos recomendados para soldar aceros al carbono de bajo hidrógeno, sigue con la siguiente clasificación:

F 30000 YY
Dicho:

F: Indica electrodo para soldadura de arco eléctrico.

3000: Indica la composición química del depósito de soldadura para, la cual se basa en la designación A5.1 para los aceros inoxidables.

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

YY: Dos dígitos que indican la posición de soldadura (el primer dígito indica la posición de soldadura y el segundo dígito indica la posición de soldadura).

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS ELECTRODOS RECOMENDADOS

Los tipos de electrodos recomendados son almacenados por la humedad, en algunos casos (E7018, E7018 (E7018), E7018 (E7018), etc.), la absorción de humedad produce cambios en las características de soldabilidad, estabilidad del arco y en el caso de los electrodos de bajo contenido de hidrógeno, cambios en la apariencia del metal de soldadura, además de los cambios antes mencionados, se producen mayores pérdidas en las características mecánicas del metal depositado y puede evidenciarse porosidad u otras discontinuidades que se dejan por fuera de la aprobación de los ensayos de inspección, ya sean estos visuales, mecánicos o radiográficos.

Para el almacenamiento en cajas cerradas de electrodos recomendados y electrodos (tal como se indican en el distribuidor), se sugiere que la temperatura de almacenamiento permanezca por encima de la temperatura ambiente, aproximadamente 15°C ó que la humedad relativa no supere el 65%.

Se aconseja conservar toda la soldadura una vez abierta la caja, no obstante de ser indispensable guardar soldadura por fuera del estante original se recomienda hacerlo en las siguientes condiciones:

ANEXO F
NORMA ISO 898-1

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
898-1

Fourth edition
2009-04-01

**Mechanical properties of fasteners made
of carbon steel and alloy steel —**

Part 1:

**Bolts, screws and studs with specified
property classes — Coarse thread and
fine pitch thread**

*Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au
carbone et en acier allié —*

*Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité
spécifiées — Filetages à pas gros et filetages à pas fin*



Reference number
ISO 898-1:2009(E)

© ISO 2009

Table 2 — Steels

Property class	Material and heat treatment	Chemical composition limits (cast analysis, %) ^a				B ^b max.	Tempering temperature °C min.
		C min.	C max.	P max.	S max.		
4.6 ^{c, d}	Carbon steel or carbon steel with additives	—	0,55	0,050	0,060	Not specified	—
4.8 ^d							
5.6 ^c		0,13	0,55	0,050	0,060		
5.8 ^d		—	0,55	0,050	0,060		
6.8 ^d		0,15	0,55	0,050	0,060		
8.8 ^f	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	or Carbon steel quenched and tempered	0,25	0,55	0,025	0,025		
	or Alloy steel quenched and tempered ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 ^f	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0,15 ^e	0,40	0,025	0,025	0,003	425
	or Carbon steel quenched and tempered	0,25	0,55	0,025	0,025		
	or Alloy steel quenched and tempered ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 ^f	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0,20 ^e	0,55	0,025	0,025	0,003	425
	or Carbon steel quenched and tempered	0,25	0,55	0,025	0,025		
	or Alloy steel quenched and tempered ^g	0,20	0,55	0,025	0,025		
12.9 ^{f, h, i}	Alloy steel quenched and tempered ^g	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 ^{f, h, i}	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr or Molybdenum) quenched and tempered	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

^a In case of dispute, the product analysis applies.

^b Boron content can reach 0,005 %, provided that non-effective boron is controlled by addition of titanium and/or aluminium.

^c For cold forged fasteners of property classes 4.6 and 5.6, heat treatment of the wire used for cold forging or of the cold forged fastener itself may be necessary to achieve required ductility.

^d Free cutting steel is allowed for these property classes with the following maximum sulphur, phosphorus and lead contents: sulphur 0,34 %; phosphorus 0,11 %; lead 0,35 %.

^e In case of plain carbon boron steel with a carbon content below 0,25 % (cast analysis), the minimum manganese content shall be 0,6 % for property class 8.8 and 0,7 % for 9.8 and 10.9.

^f For the materials of these property classes, there shall be a sufficient hardenability to ensure a structure consisting of approximately 90 % martensite in the core of the threaded sections for the fasteners in the "as-hardened" condition before tempering.

^g This alloy steel shall contain at least one of the following elements in the minimum quantity given: chromium 0,30 %, nickel 0,30 %, molybdenum 0,20 %, vanadium 0,10 %. Where elements are specified in combinations of two, three or four and have alloy contents less than those given above, the limit value to be applied for steel class determination is 70 % of the sum of the individual limit values shown above for the two, three or four elements concerned.

^h A metallographically detectable white phosphorus enriched layer is not permitted for property class 12.9/12.9. It shall be detected by a suitable test method.

ⁱ Caution is advised when the use of property class 12.9/12.9 is considered. The capability of the fastener manufacturer, the service conditions and the wrenching methods should be considered. Environments may cause stress corrosion cracking of fasteners as processed as well as those coated.

7 Mechanical and physical properties

The bolts, screws and studs of the specified property classes shall, at ambient temperature³⁾, meet all the applicable mechanical and physical properties according to Tables 3 to 7, regardless of which tests are performed during manufacturing or final inspection.

Clause 8 sets forth the applicability of test methods for verifying that fasteners of different types and dimensions fulfil the properties according to Table 3 and Tables 4 to 7.

NOTE 1 Even if the steel properties of the fasteners meet all relevant requirements specified in Tables 2 and 3, some types of fasteners have reduced loadability due to dimensional reasons (see 8.2, 9.4 and 9.5).

NOTE 2 Although a great number of property classes are specified in this part of ISO 898, this does not mean that all classes are appropriate for all fasteners. Further guidance for application of the specific property classes is given in the relevant product standards. For non-standard fasteners, it is advisable to follow as closely as possible the choice already made for similar standard fasteners.

Table 3 — Mechanical and physical properties of bolts, screws and studs

No.	Mechanical or physical property	Property class										
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9	
							$d \leq 16$ mm ^a	$d > 16$ mm ^b	$d \leq 16$ mm			
1	Tensile strength, R_m , MPa	nom. ^c	400		500	600	800		900	1000	1200	
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Lower yield strength, R_{eL} ^d , MPa	nom. ^c	240	—	300	—	—	—	—	—	—	
		min.	240	—	300	—	—	—	—	—	—	
3	Stress at 0,2 % non-proportional elongation, $R_{p0.2}$, MPa	nom. ^c	—	—	—	—	640	640	720	900	1080	
		min.	—	—	—	—	640	660	720	940	1100	
4	Stress at 0,0048 d non-proportional elongation for full-size fasteners, $R_{p0.0048}$, MPa	nom. ^c	—	320	—	400	480	—	—	—	—	
		min.	—	340 ^e	—	420 ^e	480 ^e	—	—	—	—	
5	Stress under proof load, S_p ^f , MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
		Proof strength ratio $\frac{S_{p,nom}/R_{eL} \text{ min}}{S_{p,nom}/R_{p0.2} \text{ min}}$ or $\frac{S_{p,nom}/R_{p0.2} \text{ min}}{S_{p,nom}/R_{pf} \text{ min}}$	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88
6	Percentage elongation after fracture for machined test pieces, A , %	min.	22	—	20	—	—	12	12	10	9	8
7	Percentage reduction of area after fracture for machined test pieces, Z , %	min.	—					52		48	48	44
8	Elongation after fracture for full-size fasteners, A_f (see also Annex C)	min.	—	0,24	—	0,22	0,20	—	—	—	—	—
9	Head soundness	No fracture										

3) Impact strength is tested at a temperature of -20 °C (see 9.14).

ANEXO G CATÁLOGO DE MATERIAL DE TORNILLOS

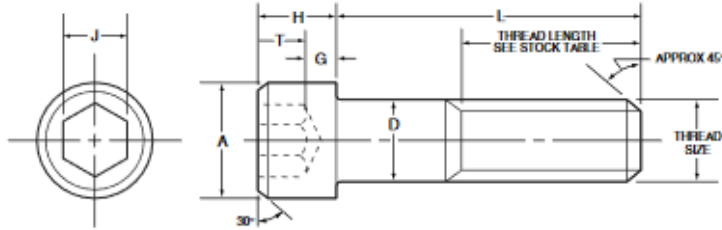
All Unbrake screws information

METRIC SOCKET HEAD CAP SCREWS

Viewmold provides high quality injection mold tooling

Dimensions

Threads: ANSI B1.13M, ISO 261, ISO 262 (coarse series only)
Property Class: 12.9-ISO 898/1



NOTES

1. Material: ASTM A574M, DIN ENISO4762-alloy steel
2. Hardness: Rc 38-43
3. Tensile Stress: 1300 MPa thru M16 size.
1250 MPa over M16 size.
4. Yield Stress: 1170 MPa thru M16 size.
1125 MPa over M16 size.
5. Thread Class: 4g 6g

LENGTH TOLERANCE

nominal screw length	nominal screw diameter		
	M1.6 thru M10	M12 thru M20	over 20
	tolerance on lgth., mm		
Up to 16 mm, incl.	±0.3	±0.3	—
Over 16 to 50 mm, incl.	±0.4	±0.4	±0.7
Over 50 to 120 mm, incl.	±0.7	±1.0	±1.5
Over 120 to 200 mm, incl.	±1.0	±1.5	±2.0
Over 200 mm	±2.0	±2.5	±3.0

DIMENSIONS

MECHANICAL PROPERTIES

APPLICATION DATA

thread size nom.	pitch	A	D	H	J	G	T	UTS min. MPa	tensile strength min.		single shear strength of body min.		recommended** seating torque plain finish	
		max.	max.	max.	nom.	min.	min.		kN	lbs.	kN	lbs.	N-m	in.-lbs.
M1.6	0.35	3.0	1.6	1.6	1.5	0.54	0.80	1300	1.65	370	1.57	352.5	0.29	2.6
M2	0.40	3.8	2.0	2.0	1.5	0.68	1.0	1300	2.69	605	2.45	550	0.60	5.3
M2.5	0.45	4.5	2.5	2.5	2.0	0.85	1.25	1300	4.41	990	3.83	860	1.21	11
M3	0.5	5.5	3.0	3.0	2.5	1.02	1.5	1300	6.54	1,470	5.5	1240	2.1	19
M4	0.7	7.0	4.0	4.0	3.0	1.52	2.0	1300	11.4	2,560	9.8	2,205	4.6	41
M5	0.8	8.5	5.0	5.0	4.0	1.90	2.5	1300	18.5	4,160	15.3	3,445	9.5	85
M6	1.0	10.0	6.0	6.0	5.0	2.28	3.0	1300	26.1	5,870	22.05	4,960	16	140
M8	1.25	13.0	8.0	8.0	6.0	3.2	4.0	1300	47.6	10,700	39.2	8,800	39	350
M10	1.5	16.0	10.0	10.0	8.0	4.0	5.0	1300	75.4	17,000	61	13,750	77	680
M12	1.75	18.0	12.0	12.0	10.0	4.8	6.0	1300	110	24,700	88	19,850	135	1,200
*(M14)	2.0	21.0	14.0	14.0	12.0	5.6	7.0	1300	150	33,700	120	27,000	215	1,900
M16	2.0	24.0	16.0	16.0	14.0	6.4	8.0	1300	204	45,900	157	35,250	330	2,900
M20	2.5	30.0	20.0	20.0	17.0	8.0	10.0	1250	306	68,800	235.5	53,000	650	5,750
M24	3.0	36.0	24.0	24.0	19.0	9.6	12.0	1250	441	99,100	339	76,500	1100	9,700
*M30	3.5	45.0	30.0	30.0	22.0	12.0	15.0	1250	701	158,000	530	119,000	2250	19,900
*M36	4.0	54.0	36.0	36.0	27.0	14.4	18.0	1250	1020	229,000	756	171,500	3850	34,100
*M42	4.5	63.0	42.0	42.0	32.0	16.8	21.0	1250	1400	315,000	1040	233,500	6270	55,580
*M48	5.0	72.0	48.0	48.0	36.0	19.2	24.0	1250	1840	413,000	1355	305,000	8560	75,800

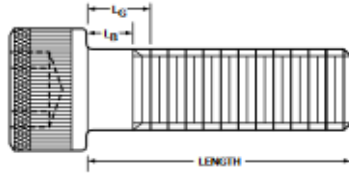
All dimensions in millimeters.

Sizes in brackets not preferred for new designs.

*Non-stock diameter.

**Torque calculated in accordance with VDI 2230, "Systematic Calculation of High Duty Bolted Joints," to induce approximately 800 MPa stress in screw threads. Torque values listed are for plain screws. (See Note, page 1.)

SOCKET HEAD CAP SCREWS ■ Metric ■ Body and Grip Lengths



L_G is the maximum grip length and is the distance from the bearing surface to the first complete thread.

L_B is the minimum body length and is the length of the unthreaded cylindrical portion of the shank.


BODY and GRIP LENGTHS

BODY AND GRIP LENGTH DIMENSIONS FOR METRIC SOCKET HEAD CAP SCREWS

Nominal Size	M1.6		M2		M2.5		M3		M4		M5		M6		M8		M10		M12		M14		M16		M20		M24			
	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B	L_G	L_B		
20	4.8	3.0	4.0	2.0																										
25	9.8	8.0	9.0	7.0	8.0	5.7	7.0	4.5																						
30	14.8	13.0	14.0	12.0	13.0	10.7	12.0	9.5	10.0	6.5																				
35			19.0	17.0	18.0	15.7	17.0	14.5	15.0	11.5	13.0	9.0	11.0	6.0																
40			24.0	22.0	23.0	20.7	22.0	19.5	20.0	16.5	18.0	14.0	16.0	11.0																
45					28.0	25.7	27.0	24.5	25.0	21.5	23.0	19.0	21.0	16.0	17.0	19.7														
50					33.0	30.7	32.0	29.5	30.0	26.5	28.0	24.0	26.0	21.0	22.0	15.7	18.0	10.5												
55							37.0	34.5	35.0	31.5	33.0	29.0	31.0	26.0	27.0	20.7	23.0	15.5												
60							42.0	39.5	40.0	36.5	38.0	34.0	36.0	31.0	32.0	25.7	28.0	20.5	24.0	15.2										
65							47.0	44.5	45.0	41.5	43.0	39.0	41.0	36.0	37.0	30.7	33.0	25.5	29.0	20.2	25.0	15.0								
70									50.0	46.5	48.0	44.0	46.0	41.0	42.0	35.7	38.0	30.5	34.0	25.2	30.0	20.0	26.0	16.0						
80									60.0	56.5	58.0	54.0	56.0	51.0	52.0	45.7	48.0	40.5	44.0	35.2	40.0	30.0	36.0	26.0						
90										68.0	64.0	66.0	61.0	62.0	55.7	58.0	50.5	54.0	45.2	50.0	40.0	46.0	36.0	38.0	25.5					
100										78.0	74.0	76.0	71.0	72.0	65.7	68.0	60.5	64.0	55.2	60.0	50.0	56.0	46.0	48.0	35.5	40.0	25.0			
110												86.0	81.0	82.0	75.7	78.0	70.5	74.0	65.2	70.0	60.0	66.0	56.0	58.0	45.5	50.0	35.0			
120												96.0	91.0	92.0	85.7	88.0	80.5	84.0	75.2	80.0	70.0	76.0	66.0	68.0	55.5	60.0	45.0			
130															102.0	95.7	98.0	90.5	94.0	85.2	90.0	80.0	86.0	76.0	78.0	65.5	70.0	55.0		
140															112.0	105.7	108.0	100.5	104.0	95.2	100.0	90.0	96.0	86.0	88.0	75.5	80.0	65.0		
150															122.0	115.7	118.0	110.5	114.0	105.2	110.0	100.0	106.0	96.0	98.0	85.5	90.0	75.0		
160															132.0	125.7	128.0	120.5	124.0	115.2	120.0	110.0	116.0	106.0	108.0	95.5	100.0	85.0		
180																148.0	140.5	144.0	135.2	140.0	130.0	136.0	126.0	128.0	115.5	120.0	105.0			
200																	168.0	160.5	164.0	155.2	160.0	150.0	156.0	146.0	148.0	135.5	140.0	125.0		
220																		184.0	175.2	180.0	170.0	176.0	166.0	168.0	155.5	160.0	145.0			
240																			204.0	195.2	200.0	190.0	196.0	186.0	188.0	175.5	180.0	165.0		
260																				220.0	210.0	216.0	206.0	208.0	195.5	200.0	185.0			
300																					256.0	246.0	248.0	235.5	240.0	225.0				

SOCKET HEAD CAP SCREWS (METRIC SERIES)
PER ASME/ANSI B18.3.1M-1986

ANEXO H CATÁLOGO DE ROSCAS DE TORNILLOS

 TORMETAL ÍNDICE	
1. ROSCAS	
1.1 Rosca métrica	
1.1.1 Rosca métrica paso grueso, calidad 6H/6g	366
1.1.2 Rosca métrica paso fino, calidad 6H/6g	368
1.1.3 Comparativa entre paso fino y paso grueso	369
1.1.4 Rosca métrica ISO, TOLERANCIA 5k6	370
1.1.5 Rosca métrica de holgura grande	370
1.1.6 Rosca métrica traapezoidal	372
1.2 Rosca en pulgadas	
1.2.1 Rosca en pulgadas ISO: UNC, UNF y UN	373
1.2.2 Rosca en pulgadas Nomenclatura UNC - UNF	375
1.2.3 Rosca Whitworth BSW - BSF	376
1.3. Otros tipos de rosca	
1.3.1 Rosca de tornillos para chapa	378
1.3.2 Rosca de tornillos para madera	379
1.3.3 Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino	379
1.3.4 Rosca Whitworth, cónica, exterior R	381

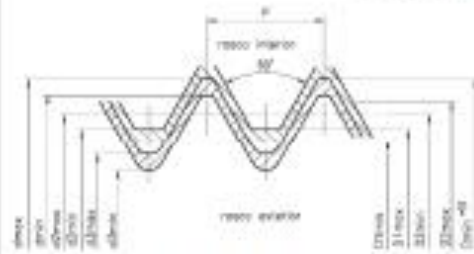
1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.1 Rosca métrica paso grueso, calidad 6H/6g

Rosca métrica ISO de paso grueso -M-

NORMA
DIN: 13 Parte 13/20
ISO: 965 Parte 2/-
NF: S 02 - 053

Perfil de base y perfil de los límites

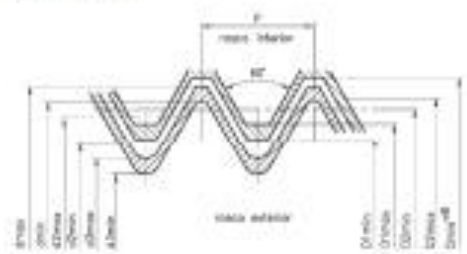


Roscado exterior.

Para M1 hasta M 1,4 inclusive, calidad 6H/6g

Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles mínimos de material.
 El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

D = diámetro exterior de base
 P = paso



Roscado interior.

Para M1,6 y más grande, calidad 6H/6g

d = diámetro exterior
 d_1 = diámetro interior
 d_2 = diámetro sobre flancos } rosca exterior

D = diámetro exterior
 D_1 = diámetro interior
 D_2 = diámetro sobre flancos } rosca interior

Límites de dimensiones de la rosca métrica, paso grueso, calidad 6H/6g.

Diámetro nominal D o d mm	Paso	Rosca exterior; clase de tolerancia 6H ⁶ . Bulones y tornillos						Rosca interior; clase de tolerancia 6H ⁶ . Tuercas				Sección del Ø interior A_1 mm ²	Sección resistente A_2 mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d_{ext}	d_{int}	d_{ext}	d_{int}	d_{ext}	d_{int}	D_{ext}	D_{int}	D_{ext}	D_{int}		
1	0,25	1,000	0,821	0,818	0,785	0,691	0,610	0,830	0,994	0,729	0,785	0,277	0,460
1,1	0,25	1,100	0,921	0,918	0,885	0,791	0,710	0,930	0,994	0,829	0,885	0,494	0,588
1,2	0,25	1,200	1,021	1,018	0,985	0,891	0,810	1,030	1,094	0,929	0,985	0,616	0,712
1,6	0,3	1,600	1,325	1,320	1,249	1,032	0,964	1,295	1,265	1,075	1,142	0,837	0,993
1,8	0,35	1,800	1,496	1,494	1,421	1,212	1,075	1,373	1,408	1,221	1,301	1,075	1,27
2	0,4	2,000	1,696	1,694	1,621	1,352	1,275	1,573	1,608	1,421	1,501	1,474	1,70
2,2	0,45	2,200	1,900	1,898	1,827	1,628	1,548	1,838	1,873	1,713	1,838	2,133	2,48
2,5	0,45	2,500	2,200	2,198	2,117	1,828	1,848	2,208	2,203	2,013	2,138	2,980	3,34
3	0,5	2,900	2,574	2,571	2,500	2,267	2,273	2,675	2,775	2,608	2,689	4,475	5,03
3,5	0,6	3,500	3,254	3,251	3,084	2,743	2,635	3,110	3,223	2,858	3,050	6,006	6,78
4	0,7	3,900	3,638	3,635	3,433	3,119	3,002	3,446	3,603	3,242	3,482	7,748	8,78
4,5	0,75	4,500	4,238	4,235	4,001	3,558	3,438	4,013	4,171	3,688	3,878	10,07	11,3
5	0,8	4,900	4,626	4,623	4,381	3,995	3,868	4,480	4,650	4,134	4,334	12,69	14,2
6	1	5,900	5,794	5,791	5,512	4,747	4,596	5,350	5,500	4,917	5,163	17,89	20,1
7	1	6,900	6,794	6,791	6,512	5,747	5,596	6,350	6,500	5,917	6,163	26,18	29,9
8	1,25	7,900	7,760	7,757	7,442	6,438	6,273	7,188	7,348	6,647	6,912	32,84	36,6
9	1,25	8,900	8,760	8,757	8,442	7,438	7,273	8,188	8,348	7,647	7,912	42,78	48,1
10	1,5	9,900	9,732	9,729	9,362	8,129	7,938	9,026	9,206	8,376	8,678	52,30	58,0
11	1,5	10,900	10,722	10,719	10,352	8,928	8,738	9,826	10,006	9,176	9,478	65,90	72,3
12	1,75	11,900	11,701	11,698	11,279	9,819	9,602	10,862	11,063	10,106	10,441	76,25	84,3
14	2	13,900	13,682	13,679	13,200	11,308	11,071	12,791	13,013	11,815	12,290	106,7	118
16	2	15,900	15,682	15,679	15,190	12,808	12,571	14,791	15,013	13,815	14,290	144,5	157
18	2,5	17,900	17,621	17,618	17,114	14,391	14,126	16,276	16,500	15,296	15,766	175,1	191
20	2,5	19,900	19,621	19,618	19,114	15,891	15,626	17,776	18,000	17,096	17,566	225,2	245

ANEXO I CATALOGO PERNOS



TORQUE-TENSION REFERENCE GUIDE

TORQUE-TENSION RELATIONSHIP FOR A307A, GRADE 5, 8 & 9 BOLTS

Nominal Dia. (in.)	Threads per inch	ASTM A307 Grade A		SAE J429 Grade 5		SAE J429 Grade 8		SAE J429 Grade 9	
		Class 2.9	Class 3.6	Class 8.8	Class 9.8	Class 10.9	Class 12.9	Class 15.8	Class 18.8
1/4	20	10.0	15.0	15.0	20.0	25.0	35.0	40.0	50.0
5/16	18	15.0	22.5	22.5	30.0	37.5	52.5	60.0	75.0
3/8	16	20.0	30.0	30.0	40.0	50.0	70.0	80.0	100.0
1/2	13	30.0	45.0	45.0	60.0	75.0	105.0	120.0	150.0
5/8	11	40.0	60.0	60.0	80.0	100.0	140.0	160.0	200.0
3/4	9	50.0	75.0	75.0	100.0	125.0	175.0	200.0	250.0
7/8	8	60.0	90.0	90.0	120.0	150.0	210.0	240.0	300.0
1	7	70.0	105.0	105.0	140.0	175.0	245.0	280.0	350.0
1 1/8	6	85.0	127.5	127.5	170.0	212.5	297.5	340.0	425.0
1 1/4	5	100.0	150.0	150.0	200.0	250.0	350.0	400.0	500.0
1 3/8	4	115.0	172.5	172.5	230.0	287.5	402.5	460.0	575.0
1 1/2	3	130.0	195.0	195.0	260.0	327.5	457.5	520.0	650.0

ELECTRODEPOSITED ZINC & LUBRICATED PREVAILING-TORQUE ALL-METAL TYPE NUTS

Locknut Dia. (in.)	Threads per inch	Steel Die Locknut		Steel Die Locknut		Steel Die Locknut		Steel Die Locknut	
		Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9
1/4	20	10.0	15.0	15.0	20.0	25.0	35.0	40.0	50.0
5/16	18	15.0	22.5	22.5	30.0	37.5	52.5	60.0	75.0
3/8	16	20.0	30.0	30.0	40.0	50.0	70.0	80.0	100.0
1/2	13	30.0	45.0	45.0	60.0	75.0	105.0	120.0	150.0
5/8	11	40.0	60.0	60.0	80.0	100.0	140.0	160.0	200.0
3/4	9	50.0	75.0	75.0	100.0	125.0	175.0	200.0	250.0
7/8	8	60.0	90.0	90.0	120.0	150.0	210.0	240.0	300.0
1	7	70.0	105.0	105.0	140.0	175.0	245.0	280.0	350.0
1 1/8	6	85.0	127.5	127.5	170.0	212.5	297.5	340.0	425.0
1 1/4	5	100.0	150.0	150.0	200.0	250.0	350.0	400.0	500.0

METRIC FASTENERS

Nominal Dia. (mm)	Pitch	Class 4.6		Class 8.8		Class 10.9		Class 12.9	
		Min. Tensile (N)	Min. Yield (N)	Min. Tensile (N)	Min. Yield (N)	Min. Tensile (N)	Min. Yield (N)	Min. Tensile (N)	Min. Yield (N)
4	0.7	170	110	360	240	480	320	600	400
5	0.8	220	140	470	310	780	520	980	650
6	1.0	290	190	630	420	1050	700	1320	880
8	1.25	370	240	810	540	1350	900	1710	1140
10	1.5	470	310	1050	700	1750	1170	2200	1470
12	1.75	580	390	1300	870	2150	1430	2750	1840
14	2.0	720	480	1600	1070	2650	1770	3400	2280
16	2.3	880	580	1950	1300	3200	2140	4150	2780
18	2.5	1070	700	2350	1570	3900	2610	5050	3380
20	2.5	1290	840	2800	1870	4700	3140	6100	4060
22	2.5	1540	1000	3300	2200	5600	3730	7200	4830
24	2.5	1820	1190	3950	2620	6700	4460	8600	5740
27	2.5	2150	1410	4600	3070	7950	5300	10200	6800
30	3.0	2520	1660	5400	3600	9300	6200	11900	8000
36	3.0	3050	2000	6500	4300	11200	7400	14100	9500

A2 OR A4 METRIC STAINLESS STEEL FASTENERS

Nominal Dia. (mm)	Pitch	Min. Tensile (N)	Min. Yield (N)
3	0.5	170	110
4	0.7	220	140
5	0.8	290	190
6	1.0	370	240
8	1.25	470	310
10	1.5	580	390
12	1.75	720	480
14	2.0	880	580
16	2.3	1070	700
18	2.5	1290	840
20	2.5	1540	1000
22	2.5	1820	1190
24	2.5	2150	1410

ALLOY STEEL LOW HEAD SOCKET HEAD CAP SCREW

Nominal Dia. (in.)	Threads per inch	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)
1/4	20	100	70
5/16	18	150	105
3/8	16	200	140
1/2	13	300	210
5/8	11	400	280
3/4	9	500	350
7/8	8	600	420
1	7	700	490
1 1/8	6	850	595
1 1/4	5	1000	700
1 3/8	4	1150	805
1 1/2	3	1300	910

For additional technical information, contact Fastenal Engineering at engineer@fastenal.com.

ASTM A307 SOCKET HEAD CAP SCREWS

Nominal Dia. (in.)	Threads per inch	Class 2.9	Class 3.6	Class 4.6		Class 5.8		Class 8.8		Class 9.8	
				Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)
1/4	20	10.0	15.0	15.0	20.0	25.0	35.0	40.0	50.0	60.0	70.0
5/16	18	15.0	22.5	22.5	30.0	37.5	52.5	60.0	75.0	90.0	105.0
3/8	16	20.0	30.0	30.0	40.0	50.0	70.0	80.0	100.0	120.0	140.0
1/2	13	30.0	45.0	45.0	60.0	75.0	105.0	120.0	150.0	180.0	210.0
5/8	11	40.0	60.0	60.0	80.0	100.0	140.0	160.0	200.0	240.0	280.0
3/4	9	50.0	75.0	75.0	100.0	125.0	175.0	200.0	250.0	300.0	350.0
7/8	8	60.0	90.0	90.0	120.0	150.0	210.0	240.0	300.0	360.0	420.0
1	7	70.0	105.0	105.0	140.0	175.0	245.0	280.0	350.0	420.0	500.0
1 1/8	6	85.0	127.5	127.5	170.0	212.5	297.5	340.0	425.0	500.0	600.0
1 1/4	5	100.0	150.0	150.0	200.0	250.0	350.0	400.0	500.0	600.0	700.0
1 3/8	4	115.0	172.5	172.5	230.0	287.5	402.5	460.0	575.0	660.0	780.0
1 1/2	3	130.0	195.0	195.0	260.0	327.5	457.5	520.0	650.0	740.0	880.0

ASTM A193 B7

Nominal Dia. (in.)	Threads per inch	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9
1/4	20	10.0	15.0	15.0	20.0	25.0	35.0	40.0	50.0
5/16	18	15.0	22.5	22.5	30.0	37.5	52.5	60.0	75.0
3/8	16	20.0	30.0	30.0	40.0	50.0	70.0	80.0	100.0
1/2	13	30.0	45.0	45.0	60.0	75.0	105.0	120.0	150.0
5/8	11	40.0	60.0	60.0	80.0	100.0	140.0	160.0	200.0
3/4	9	50.0	75.0	75.0	100.0	125.0	175.0	200.0	250.0
7/8	8	60.0	90.0	90.0	120.0	150.0	210.0	240.0	300.0
1	7	70.0	105.0	105.0	140.0	175.0	245.0	280.0	350.0
1 1/8	6	85.0	127.5	127.5	170.0	212.5	297.5	340.0	425.0
1 1/4	5	100.0	150.0	150.0	200.0	250.0	350.0	400.0	500.0
1 3/8	4	115.0	172.5	172.5	230.0	287.5	402.5	460.0	575.0
1 1/2	3	130.0	195.0	195.0	260.0	327.5	457.5	520.0	650.0

STAINLESS STEEL AND NON-FERROUS FASTENERS (INCH SERIES)

Nominal Dia. (in.)	Threads per inch	304		316		Titanium		Aluminum		Copper	
		Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)	Min. Tensile (ksi)	Min. Yield (ksi)
1/4	20	75	50	90	60	120	80	40	30	60	40
5/16	18	110	75	135	90	170	110	55	40	85	55
3/8	16	150	100	180	120	230	150	75	55	115	75
1/2	13	220	145	270	180	340	220	110	80	170	110
5/8	11	290	195	360	240	450	290	145	105	230	145
3/4	9	370	250	460	310	580	370	185	135	300	185
7/8	8	450	300	560	380	710	450	225	165	370	225
1	7	540	360	670	450	840	540	270	200	450	270
1 1/8	6	640	420	800	540	1000	640	320	240	540	320
1 1/4	5	750	500	930	620	1160	750	375	280	630	375
1 3/8	4	870	580	1080	720	1350	870	435	330	730	435
1 1/2	3	1000	670	1250	830	1560	1000	500	380	840	500

NOTES:
 1. All dimensions are in inches unless otherwise specified.
 2. Minimum tensile and yield strengths are given in ksi and N/mm².
 3. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 4. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 5. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 6. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 7. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 8. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 9. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.
 10. All dimensions are in millimeters unless otherwise specified.

ANEXO J
PROPIEDADES DEL MATERIAL DE LA BASE

Aluminium alloy EN AB-47100

Chemical designation:

EN AB-AlSi12Cu1(Fe)

Swedish standard:

Type -, [1], [2]

Chemical composition¹:

	Min %	Max %
Si	10,5	13,5
Fe	0,6	1,1
Cu	0,7	1,2
Mn	-	0,55
Mg	-	0,35
Cr	-	0,10
Ni	-	0,30
Zn	-	0,55
Pb	-	0,20
Sn	-	0,10
Ti	-	0,15

Others each max 0,05%
and total max 0,25%

General description of properties:

Eutectic alloy with excellent castability properties, excellent fluidity and high resistance to hot tearing. Good machinability.

Suitable applications:

For complicated thin-wall, pressure-tight casting that are subjected to fatigue loading.

Heat treatment:

Not usually age hardened

Casting characteristics²:

Solidification range, °C, about	Casting temperature °C, about	Fluidity	Resistance to hot tearing	Shrinkage %, about	Pressure tightness
580-530	650-700	Excellent	Excellent	0,5-0,8	Excellent

Mechanical properties of separately untreated cast test bars²:

Tensile strength, R _m , MPa, min.	Proof stress R _{p0,2} , MPa, min.	Elongation A ₂₀ , %, min.	Brinell hardness HBS, min.
240	140	1	70

Mechanical and physical properties²:

Density kg/dm ³	Strength	Machinability	Weldability	Resistance to corrosion
2,65	Good	Satisfact.	Poor	Satisfact.

Decorative anodizing	Ability to be polished	Linear thermal expansion 293-373°K, "K ⁻¹	Electrical conductivity MS/m	Thermal conductivity W/m ² K
Not recom.	Satisfact.	20 x 10 ⁻⁶	15 - 20	120 - 150

 **STENA ALUMINIUM**

[1]: SS-EN 1676:2010

[2]: SS-EN 1706:2010

ANEXO K
CATÁLOGO DE ARANDELAS DE SUJECIÓN



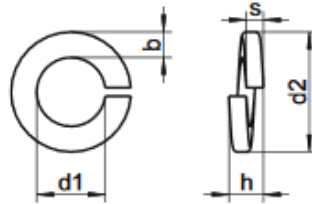
Catálogo de productos
NORMALIZADOS

50 AÑOS EXPERIENCIA EN ACERO INOXIDABLE
EXCELLENCE IN STAINLESS STEEL

DIN 127 B

Arandela grower

Forma B plana



Diámetro nominal	para	d1	d2	h min.	s	b
2	M2	2,1	4,4	1,0	0,5	0,9
2,3	M2,3	2,3	4,8	1,2	0,6	1,0
2,5	M2,5	2,6	5,1	1,2	0,6	1,0
2,6	M2,6	2,7	5,2	1,2	0,6	1,0
3	M3	3,1	6,2	1,6	0,8	1,3
3,5	M3,5	3,6	6,7	1,6	0,8	1,3
4	M4	4,1	7,6	1,8	0,9	1,5
5	M5	5,1	9,2	2,4	1,2	1,8
6	M6	6,1	11,8	3,2	1,6	2,5
8	M8	8,1	14,8	4,0	2,0	3,0
10	M10	10,2	18,1	4,4	2,2	3,5
12	M12	12,2	21,1	5,0	2,5	4,0
14	M14	14,2	24,1	6,0	3,0	4,5
16	M16	16,2	27,4	7,0	3,5	5,0
18	M18	18,2	29,4	7,0	3,5	5,0
20	M20	20,2	33,6	8,0	4,0	6,0
22	M22	22,5	35,9	8,0	4,0	6,0
24	M24	24,5	40,0	10,0	5,0	7,0
27	M27	27,5	43,0	10,0	5,0	7,0
30	M30	30,5	48,2	12,0	6,0	8,0
33	M33	33,5	55,2	12,0	6,0	10,0
36	M36	36,5	58,2	12,0	6,0	10,0
39	M39	39,5	61,2	12,0	6,0	10,0
40	M40	40,5	63,5	14,0	7,0	12,0
42	M42	42,5	68,2	14,0	7,0	12,0
48	M48	49,0	75,0	14,0	7,0	12,0


Grado	UV
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	1000
▲● FS	500
▲● FS	500
▲● FS	500
▲● FS	500
▲● FS	200
▲● FS	200
▲● FS	100
▲● FS	100
▲● FS	50
▲● FS	50
▲● FS	25
▲● FS	25
▲● FS	25
▲● FS	25

■ A1 / ▲ A2 / ● A4 | UV: Unidad de venta | Todas las medidas en mm | Otras dimensiones bajo pedido
Ejemplo Art.-Nr.: 127-2-8 DIN 127 - A2 - Tamaño nominal 8mm - Forma B


DIN 127 ha sido retirado sin reemplazo. Este artículo aún está disponible en stock. En comparación con el material 1.4310 (FS) los materiales A2 y A4 tienen una resistencia del muelle reducida. Arandelas grower para tornillos de cabeza cilíndrica se encuentran como DIN 7980 en este catálogo.

ANEXO L COTIZACIÓN ALIMENTADOR VIBRATORIO

Home > All Industries > Machinery > Other Machinery & Industry Equipment (102093701) [Subscribe to Trade Alert](#)



View larger image



Add to Compare Share

clinch bolt rivet hopper feeder/ vibrator bowl feeder

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$1,000.00 - \$9,000.00 / Sets | 1 Set/Sets (Min. Order)

Model Number:

Lead Time:

Quantity(Sets)	1 - 1	>1
Est. Time(days)	30	Negotiable

[Contact Supplier](#)

[Chat Now!](#)

Payment: [VISA](#) [MasterCard](#) [TT](#) [Online Bank Payment](#) [Pay Later](#) [More](#)

Shipping: Alibaba.com Ocean Shipping Service from China to U.S
[Get shipping quote](#)

https://www.alibaba.com/product-detail/clinch-bolt-rivet-hopper-feeder-vibrator_60814803799.html?spm=a2700.7724838.2017005.6.1df61857xnJoHP

ANEXO M COTIZACIÓN DE TORNILLOS

Dia./Thread Size	Length	Fastener Finish	Fastener Industry Standards	Drive Size	Brand	Item #	Price
M4-0.70	10mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	3mm	GAV	5YRC0	\$10.76 / pkg. of 100
M6-1.00	50mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	5mm	GAV	5YRE4	\$42.33 / pkg. of 100
M8-1.25	16mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	6mm	GAV	5YRE6	\$36.87 / pkg. of 100
M12-1.75	45mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	10mm	UNBRAKO	5PNU0	\$20.72 / pkg. of 50
M12-1.75	60mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	10mm	GAV	5YRG9	\$82.92 / pkg. of 50
M12-1.75	120mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	14mm	GAV	5YRN9	\$60.00 / pkg. of 10
M16-2.00	50mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	14mm	GAV	5YRH4	\$63.34 / pkg. of 25
M20-2.50	80mm	Black Oxide	ASTM A574, ASME B18.3	17mm	GAV	5YRR1	\$64.38 / pkg. of 10

ANEXO N COTIZACIÓN DE TUERCAS

M4-0.70 Hex Nut, Zinc Plated Finish, Class 8 Steel, Right Hand, ISO 4032, PK100



Web Price ⓘ
\$2.49 / pkg. of 100

Qty
1



Compare
 + Add to List

Ship or Pickup ▾ | Enter Location

Tech Specs	Item Info
Item	Hex Nut
Nut Style	Hex Nut
System of Measurement	Metric
Basic Material	Steel
Material Grade	Class 8
Fastener Finish	Zinc Plated
Fastener Thread Direction	Right Hand
Dia./Thread Size	M4-0.70

M12-1.75 Hex Nut, Zinc Plated Finish, Class 8 Steel, Right Hand, ISO 4032, PK50



Web Price ⓘ
\$7.06 / pkg. of 50

Qty
1

Add

Compare

+ Add to List

Ship or Pickup ▾ | Enter Location

Tech Specs	Item Info
Item	Hex Nut
Nut Style	Hex Nut
System of Measurement	Metric
Basic Material	Steel
Material Grade	Class 8
Fastener Finish	Zinc Plated
Fastener Thread Direction	Right Hand
Dia./Thread Size	M12-1.75

ANEXO O COTIZACIÓN ARANDELAS DE PRESIÓN



INTER ELECTRICAS LTDA
 NIT: 830113629-9
 Carrera 12 # 13-46 BOGOTA-COLOMBIA
 PBX: 3360755 - FAX: 3412439



Comercialización
 (Compra,
 almacenamiento y
 distribución) de Productos
 Electricos

Cotizacion Rapida

Estimados Señores (es) En Atención a su solicitud de cotización nos permitimos ofrecerles los siguientes productos distribuidos por nuestra compañía.

	Descripción	Valor Unit. Incluido IVA	Valor	Cantidad
1)	Arandela Presion Guaza 1/2	\$ 100	\$ 700	7
2)	Arandela Presion Guaza 5/8	\$ 200	\$ 2,400	12
3)	Arandela Presion Guaza 1/4	\$ 300	\$ 3,600	12
Total antes de Iva:			\$	5,630
IVA:			\$	1,070
Total:			\$	6,700

TODOS NUESTROS PRECIOS INCLUYEN IVA - NO INCLUYEN FLETES

Recibimos Tarjetas de Credito



Zona de Pagos On-Line



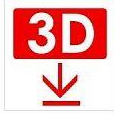
www.ie.com.co

ANEXO P COTIZACIÓN DE RACORES

Conector acodado, Macho M5, Encaje a Presión 4 mm

FESTO

Código RS: 121-6023 | N° ref. fabric.: QSML-M5-4 | Fabricante: Festo



✓ 55 Disponible para entrega en 24/48 horas

📅 141 Disponible para entrega en 24/48 horas

Precio 1 Bolsa de 10

30,90 €
(exc. IVA)

37,39 €
(inc.IVA)

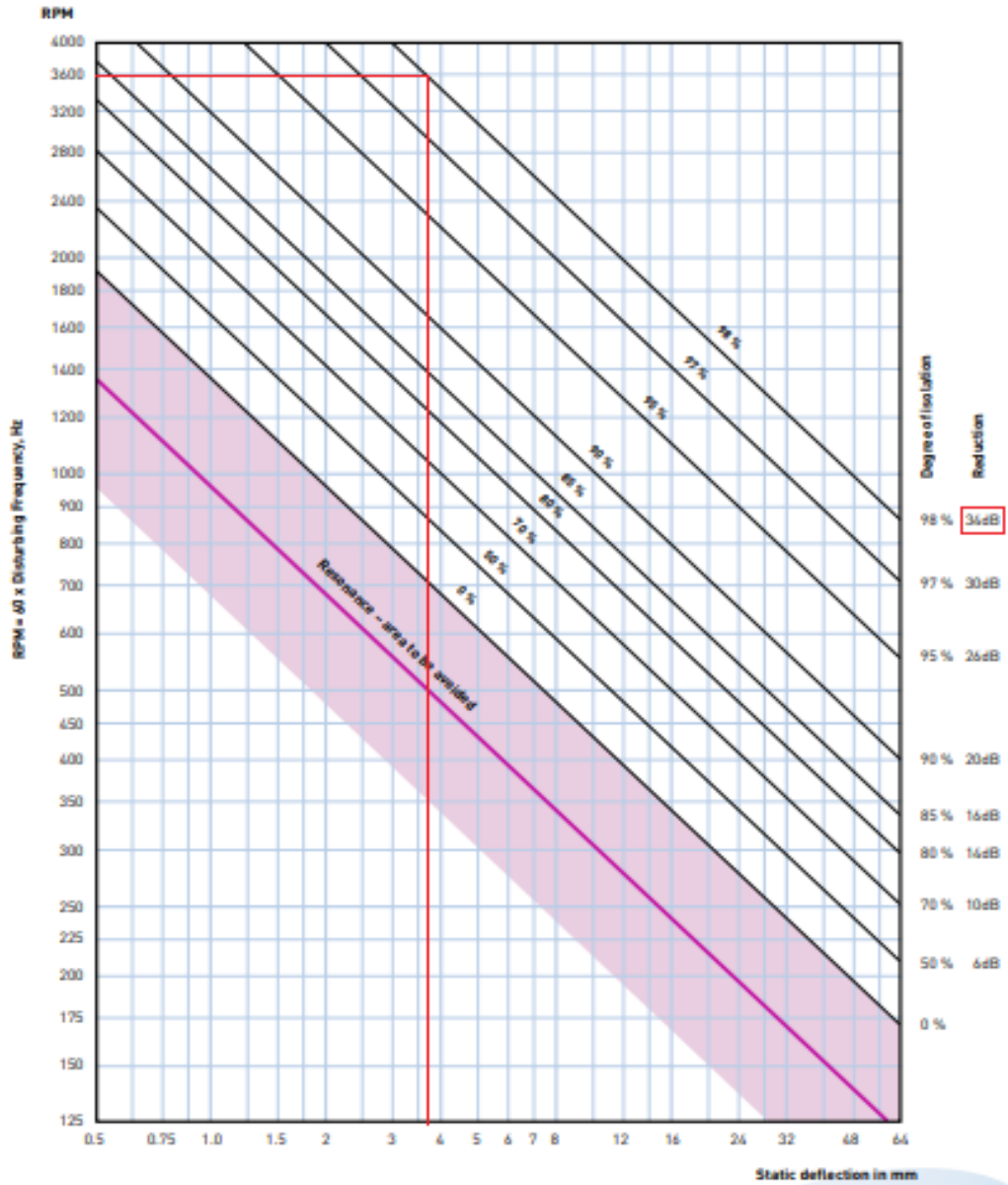
Bolsa(s)	Por Bolsa	Por unidad*
1 - 4	30,90 €	3,09 €
5 - 9	29,67 €	2,967 €
10 +	28,44 €	2,844 €

*precio indicativo

ANEXO Q DIAGRAMA VELOCIDAD, DEFLEXIÓN Y INSULACIÓN

www.iac-acoustics.com

Speed, Deflection and Isolation Diagram



ANEXO R
LISTADO DE PLANOS

1. Ensamble total
2. Explosionado 1
3. Explosionado 2
4. Estructura principal
5. Estructura principal 2
6. Base
7. Base complemento
8. Anillo 1
9. Anillo parte superior
10. Anillo 2
11. Anillo 3
12. Cuenco
13. Lamina externa
14. Caja
15. Fleje
16. Separador
17. Separador 1.5
18. Separador 7
19. Sujetador de cuenco
20. Lamina posición 1
21. Lamina 3
22. Base lamina posición
23. Lamina posicionadora 2
24. Lamina posicionadora de racores
25. Base lamina finales
26. Lamina 2
27. Lamina 2-1
28. Lamina para posición final
29. Sujetador
30. Varilla 1
31. Varilla 2
32. Patas de base