



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial

Estudio y diseño de un transportador de acumulación para la optimización de una línea de producción

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERIA MECÁNICA

Autor: Xiaobin Zhou
Directora: Parras Burgos, Dolores

Cartagena, 7 de julio de 2020



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Contenido

1. Introducción	7
2. Planteamiento del problema	8
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo principal	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
3.3. Condiciones específicas.....	8
4. Aspectos generales de la mesa de acumulación.....	9
4.1. Mesa de acumulación	9
4.1.1. Transportador de banda	9
5. Estudio de diversos pulmones existentes en el mercado	12
5.1. Mesa simple de banda ancha.....	12
5.2. Mesa multibanda	13
5.3. Mesa doble banda.....	13
5.4. Mesa FIFO (First In First Out)	14
5.5. Mesa con recirculación	14
6. Boceto preliminar y simulación.....	15
6.1. Introducción del programa DEMO3D empleado para simulación	15
6.1.1. Configuración de las propiedades físicas para la simulación de los sistemas planteado	16
6.1.2. Biblioteca del programa	17
6.1.3. Creación de los envases:	17
6.2. Diseños preliminares.....	18
6.3. Configuración de cada modelo	18
6.4. Estudio del resultado de la simulación.....	23
7. Regulaciones y normativas aplicables:.....	28
7.1. ¿Qué es diseño limpio?	29
8. Cálculos, diseño y selección de componentes	31
8.1. Dimensionamiento de la mesa de acumulación.	31
8.2. Selección del modelo de banda modular:.....	32
8.2.1. Selección de engranajes.....	33
8.3. Cálculo de la carga de tensión de banda o la fuerza de banda (BP)	35
8.4. Selección del motorreductor (reductor + motor eléctrico)	38
8.4.1. Factor de servicio	39
8.4.2. Selección del motorreductor a través del configurador del fabricante. [15].....	41
8.5. Dimensionado y estudio de resistencia del eje motriz	43
8.6. Selección de cojinetes autoalineantes	44
8.7. Diseño del recorrido de la banda modular	47

8.8.	Diseño de la separación de la placa inactiva	47
8.9.	Diseño de las guías	47
8.10.	Diseño y estudio del chasis de transportador	50
8.11.	Pata soporte	52
9.	Visión del montaje del conjunto	53
10.	Evaluación económica:.....	56
11.	Evaluación del nivel de riesgo: Metodología HRN [25]	60
12.	Conclusión	64
13.	Bibliografía:	65
14.	ANEXO 1: MANUAL DE LIMPIEZA, ENGRASE Y MANTENIMIENTO DEL PULMÓN. [Documento ANEXO 3.2.10]	68
14.1.	NORMAS DE SEGURIDAD GENERALES PARA LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA, ENGRASE Y MANTENIMIENTO	68
14.2.	LIMPIEZA	69
14.3.	ENGRASE	70
14.4.	SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS.....	70
14.5.	MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	71
14.5.1.	Motorreductor	71
14.5.2.	Rodamientos	71
14.5.3.	Guías lineales de fricción.....	71
14.5.4.	Bandas modulares.....	71
14.5.5.	Tornillos.....	72
15.	ANEXO 3: listado de anexos de documentos de diseño, catálogo, simulación, estudios con SolidWorks, etc.....	73
16.	Anexo 4: Planos y listas de materiales	74

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1(Coeficiente de fricción en rodadura entre guía y banda) [Anexo catálogo de banda Intralox]	11
Tabla 2 (Coeficiente de fricción en rodadura entre el envase y la banda) [Anexo catálogo de banda Intralox]	11
Tabla 3. Tabla de velocidades de cada modelo planteado en la simulación	20
Tabla 4. Características de la banda modular FLUSH GRID de Intralox. [Anexo catalogo de banda intralox]	32
Tabla 5. Referencia de cantidad de engranajes y soportes. [Anexo catalogo de banda intralox]	34
Tabla 6. Coeficiente de fricción entre guía de desgaste y la banda. [Anexo catalogo de banda intralox]	36
Tabla 8. Factor de servicio. [Anexo catalogo de banda intralox]	36
Tabla 9. Tabla de parámetros del funcionamiento de uno de los transportadores del pulmón	41
Tabla 10. Recomendación del fabricante sobre la separación de la placa inactiva. [Anexo de catálogo de banda Intralox]	47
Tabla 11. Tabla presupuesto del material del conjunto del equipo	58
Tabla 12. Tabla del coste de mano de obra necesaria para realizar el montaje.....	59
Tabla 13. Coste final del equipo.	59
Tabla 15. Evaluación del riesgo residual.	63
Tabla 14. Listado de piezas de desgaste y su vida útil.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea de envasado de botella de agua	7
Figura 2. Pulmón normal con entrada y salida lineal	9
Figura 3. Transportador de banda modular	9
Figura 4. Mesa simple de banda ancha	12
Figura 5. Mesa multibanda.....	13
Figura 6. Mesa multibanda.....	13
Figura 7. Mesa doble banda	13
Figura 8. FIFO.....	14
Figura 9. Mesa con recirculación.....	14
Figura 10 Ventana principal del programa.....	15
Figura 11. Selección del modo de física del programa.....	15
Figura 12. Ventana de configuración del motor de cálculo de física del programa	16
Figura 13. Physics num body interation = 2	16
Figura 14 Physics num body interation = 2	16
Figura 15. Ventana de biblioteca del programa	17
Figura 16. Ejemplo de una línea de transporte de cajas.	17
Figura 17. Ventana de configuración del Load Creator.....	17
Figura 18. Diseños preliminares diseñado con el software.	18
Figura 19. Ventana de la configuración de la propiedad física del transportador.....	18
Figura 20. Programación del modelo 1	21
Figura 21. Programación del modelo 2	21
Figura 22. Programación del modelo 3	22
Figura 23. Programación del modelo 4	22
Figura 24. Modelo1 en condiciones normales	23
Figura 25. Modelo1 en acumulación.....	23
Figura 26. Modelo1 en descarga.....	23

Figura 27. Modelo2 en condiciones normales	24
Figura 28. Modelo2 en acumulación.....	24
Figura 29. Modelo2 en descarga.....	24
Figura 30. Modelo3 en condiciones normales.....	25
Figura 31. Modelo3 en acumulación.....	25
Figura 32. Modelo 3 en descarga.....	25
Figura 33. Modelo3 en descarga.....	25
Figura 34. Modelo4 en condiciones normales.....	26
Figura 35. Modelo 4 en acumulación.....	26
Figura 36. Modelo4 en descarga.....	26
Figura 37. Vista de los modelos planteado en la simulación	27
Figura 38. Diseño de sujeciones [EN ISO 14159].....	29
Figura 39. Ángulos y esquinas internos. [EN ISO 14159]	30
Figura 40. Otros ejemplos de unión soldada. [EN ISO 14159]	30
Figura 41 soldadura de cordón continua y sin solaparse. [EN ISO 14159].....	30
Figura 42. Estructuras y soportes. [EN ISO 14159].....	30
Figura 43. Banda modular. [Anexo catalogo de banda Intralox]	32
Figura 44. Lista de series de transportador de banda Intralox	32
Figura 45. Engranaje moldeado de Intralox. [Anexo catalogo de banda intralox]	33
Figura 46. Placa de transferencia con rodillos	33
Figura 47. Grafica de variación de velocidad en función del número de dientes del engranaje. [Anexo catalogo de banda intralox]	33
Figura 48. Factor de resistencia del engranaje. [Anexo catalogo de banda intralox].....	34
Figura 49. Posicion del eje de traccion.....	34
Figura 50. Número de envases presente en el pulmón	35
Figura 51. Gráfica de factor de temperatura. [Anexo catalogo de banda intralox].....	37
Figura 52. Gráfica de factor de resistencia. [Anexo catalogo de banda intralox]	37
Figura 53. Motorreductor de tornillo sin fin SEW.....	38
Figura 54. Curva de factor de servicio FB. [Anexo manual de motorreducto SEW]	39
Figura 55. Curva de factor de servicio adicional fB1 y fB2. [Anexo manual de motorreducto SEW]	40
Figura 56. Direcciones de la fuerza axial y radial. [Anexo manual de motorreducto SEW].....	40
Figura 57. Ventana inicial del configurador del motorreductor	42
Figura 58. Configurador del motorreductor ventana de opciones de diseño.....	42
Figura 59. Configurador del motorreductor opciones adicionales	43
Figura 60. Eje lado motor	43
Figura 61 Tensión Von Mises	44
Figura 62 Desplazamiento.....	44
Figura 63 Factor de seguridad.....	44
Figura 64. Ventana de configuración del cojinete inicial.	45
Figura 65. Ventana de configuración del cojinete del paso 2	46
Figura 66. Ventana que muestra posibles modelos de cojinetes válidos	46
Figura 67. Dimensionado de la banda modular.	47
Figura 68. Distancia mínima de la separación de la placa.....	47
Figura 69. Guía tunel del modelo de simulación.....	48
Figura 70. Guía tunel diseñado.	48
Figura 71. Guía de inoxidable con el soporte.....	48
Figura 72 [Anexo acoplamiento mordaza]	49
Figura 73. Guía central motorizada.....	49
Figura 74. Curva de par del motor paso a paso [Anexo motor paso a paso IGUS]	49
Figura 75. Guía de curva de 30º	49
Figura 76. Visualización del diseño del pulmón	50

Figura 77. Masa total del pulmón.	50
Figura 78. Tensión Von mises del perfil	51
Figura 79. Desplazamiento maximo del perfil.....	51
Figura 80. Factor de seguridad del perfil	51
Figura 81. Pata soporte.	52
Figura 82 Tension Von Mises	52
Figura 83. Desplazamiento	53
Figura 84 Eje conductor y eje conducida	53
Figura 85. Conjunto guías de soporte de la banda.....	53
Figura 86. Conjunto lado entrada del pulmón.	54
Figura 87. Conjunto lado salida del pulmón.....	54
Figura 88. Vista de la parte inferior del equipo.....	54
Figura 89. Vista en perspectiva de la mesa de acumulación diseñado.....	55
Figura 91 Gráfico para determinar el nivel de prestaciones requerido (PLr) para cada función de seguridad [UNE-EN ISO 13849-1]	62
Figura 90. Pasos a seguir para realizar el corte de energía.....	69

1. Introducción

El estudio del presente trabajo está destinado en desarrollar una aplicación empleada en las líneas de producción de envasado.

Una línea de envasado está formada por diversas maquinarias automatizadas y líneas de transportadores que están conectadas entre sí, para llevar a cabo las siguientes operaciones: envasado o llenado del producto, embalaje secundario de los envases y embalaje terciario para proteger los embalajes en el proceso de transporte y almacenamiento.



Figura 1. Línea de envasado de botella de agua [1]

Durante el proceso de fabricación anterior, es muy frecuente encontrar paradas indeseadas de algunas maquinarias por diversos motivos: rotura de envase, atrancamiento, agotamiento de consumibles, etc. Estas paradas pueden provocar paralización completa de la línea de producción que disminuye considerablemente la eficiencia de este.

Para solucionar el problema anterior, resulta impracticable mejorar la propia máquina debido a que algunas paradas son difíciles de evitar, así como el agotamiento y reposición de los consumibles o retirada de envase defectuoso. Además, el coste económico necesario para aumentar la eficiencia de la máquina y disminuir el número de avería es demasiado alto. Por ello, los ingenieros han optado por emplear diversos sistemas de acumulación de envases para absorber dicha parada que consiste en almacenar los envases acumulados en una región de espera y vaciarla a lo largo del tiempo al rearmar la máquina.

Actualmente, se pueden clasificar los sistemas de acumulación en rotacional y lineal. Sin embargo, se concentrarán en el estudio y diseño de sistema de acumulación lineal o transportador de acumulación, la cual es más sencilla y económica. Este está formado por tramos de transportadores de banda ancha para acumular envases más de una fila, y combinando con sistemas complementarias y guías para unificar en una sola fila a la salida.

En definitiva, el propósito de este trabajo es estudiar y desarrollar una aplicación mejorada a partir de los sistemas existente en el mercado, y este sea más económica, versátil y eficaz.

2. Planteamiento del problema

Actualmente, una mesa de acumulación o un pulmón es muy empleado en la línea de envasado y existen ya varias aplicaciones desarrolladas en el mercado. Como se ha comentado anteriormente, la función del pulmón es: absorber acumulación provocada por paradas indeseadas en una línea, o emplear para la recogida de latas desde celda del despaletizado.

Sin embargo, los sistemas existentes en el mercado presentan varios inconvenientes:

- Es aplicable para líneas con capacidad de producción media o baja (>200 latas/min).
- Presión de acumulación elevada al acumular gran cantidad de envases que puede provocar rotura o deformación indeseada de este.
- Baja eficiencia energética.

Por las razones anteriores y teniendo en cuenta un caso real encontrado en una fábrica de envasado de atún, se ha decidido realizar un estudio, diseño y fabricación para mejorar o disminuir los problemas anteriores.

3. Objetivos

3.1. Objetivo principal

Diseñar un sistema de acumulación dinámica para línea de fabricación de latas.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un boceto preliminar y plantearlo en un software para realizar una simulación comportamiento dinámico de los envases.
- Estudio de las normativas aplicable.
- Diseñar la parte mecánica y estructural del sistema de acumulación estudiado a partir de las medidas de la simulación.
- Calculo analítico y estudio de la estructura del sistema y su consumo.

3.3. Condiciones específicas

La línea de fabricación de latas tiene las siguientes características:

- La producción de la línea es 500 latas/min.
- Formato del envase: formato de la lata de atún:
30 mm (altura) x 64 mm(diámetro)
- Tiempo de acumulación: 2min.
- Material de envases: metálico.
- Ambiente de la instalación: normal.
- Condiciones de higiene: normal.

4. Aspectos generales de la mesa de acumulación.

La mesa de acumulación tiene varias denominaciones: mesa de acumulación, transportador de acumulación o pulmón. Los componentes más importantes que forma este equipo son: transportador de banda modular, guías fija o motorizada y fotocélulas.

4.1. Mesa de acumulación



Figura 2. Pulmón normal con entrada y salida lineal [2]

La instalación de este sistema en la línea de producción permite:

- Conseguir mantener un flujo de envase continuo y constante para alimentar la máquina “aguabajo”, con el fin de reducir el menor número de paradas y arranque del equipo por falta de alimentación de envase.
- Absorber acumulación de envases por paradas del equipo por motivo de: sustitución de consumibles, atasco de envases, rotura de envases, etc.
- Vaciado de la máquina para la fase fin de producción.
- Fusionando múltiples transportadores en una sola corriente.

4.1.1. Transportador de banda

La banda transportadora es el elemento constituyente de la mesa de pulmón, y es uno de los sistemas de transporte continuo más empleado en la industria para traslación de productos como materiales a granel o todo tipo envases. Existen en el mercado una amplia variedad de transportadores de banda y son clasificado según su modo de tracción, medio de trabajo, tipo de producto a transportar y dirección de transporte.



Figura 3. Transportador de banda modular [3]

Por lo general, la transportadora consta de una banda continua que es arrastrada por fricción entre los tambores cilíndricos, uno de ellos es accionado por un motor eléctrico llamado

tambor impulsor y el otro giran libremente llamado tambor tensor extremo, cuya una función adicional que es servir de retorno a la banda. Para evitar deslizamiento y regular la fricción entre la superficie de la banda con el tambor, existen mecanismos para generar una cierta tensión a la banda transportadora, habitualmente se emplea un tensor formado por un husillo o tornillo tensor, o utilizando contrapesos. Habitualmente, la banda es soportada por estaciones de rodillos situados entre los dos tambores, o por una chapa continua o de algún otro material de baja fricción, dispuesto de modo de cuna sobre la que se apoya la banda transportadora.

Banda modular

Dentro de la amplia familia de transportadores de banda, existe un tipo de banda especial llamado bandas modulares.

Es una banda no continua y está formada por módulos. Su característica principal es su buena tracción y alineación por el empleo de piñones de accionamiento que además el ajuste de ésta es más rápido y fácil.

Las ventajas principales con respecto al transportador normal de cinta son:

- Mayor eficiencia energética ya que la tracción por piñón evitaría pérdida de potencia por fricción como transmisión por cadena.
- los diferentes módulos que conforma la banda están unidos por medio de pasadores, que aumenta la rapidez del reemplazo de bandas y posibilita la modificación de la longitud del transportador.
- Fácil mantenimiento
- Bajo coeficiente de rozamiento, evitando el uso de lubricante y lo más importante es que reduce la presión generada entre los envases acumulado. Nos posibilita integral el sistema en líneas de gran volumen de producción, alta velocidad y acumulación de producto.
- Resistente a componentes químicos.

Principales materiales aplicados para Bandas Modular y guías deslizantes [4]

En el mercado existe numerosos materiales para fabricación de la banda. Sin embargo, debido a que el producto a transportar son latas de atún, por lo cual solo se analizaría la propiedad de aquellos materiales que estén aprobado por FDA (administración de medicamentos y alimentos):

- El polietileno:
 - Temperatura de trabajo desde -70 °C hasta 65 °C. Material idóneo para temperaturas muy bajas.
 - Excelente resistencia química a los ácidos y álcalis.
 - Contracción térmica del material a temperatura inferior -40 °C.
 - Excelentes características antiadherentes, con lo cual es el material ideal para emplear como guía deslizante.
- El polipropileno:
 - Temperatura de trabajo desde 5 °C hasta 105 °C.
 - Excelente resistencia química a los ácidos y álcalis.
 - Material duro con buena fuerza de arrastre.

- El acetal:
 - Temperatura de trabajo desde -40 °C hasta 95 °C.
 - Tiene gran fuerza de arrastre y una superficie dura.
 - Bajo coeficiente de fricción.
 - Sensibles a golpes debido a su poca resistencia al impacto.
 - No es adecuado para usar en instalaciones con concentración elevada de ácidos y cloros.

A continuación, se presenta la tabla que proporciona factores de fricción entre el producto y el material del producto de la banda para usarlo en cálculos posteriores:

Factores de fricción

Factores de fricción ¹	Fricción entre la guía de desgaste y el material de la guía de desgaste de la banda				Fricción entre el producto y el material del producto de la banda (usados con acumulación de producto) ² Los factores de fricción para la fricción entre el producto y la banda sólo son válidos para las bandas Flat Top, Flat Top perforada, Mesh Top, Flush Grid y Raised Rib.				
	UHMW húmedo (seco)	HDPE húmedo (seco)	Nitrón húmedo (seco)	Acero (AC y AI) húmedo (seco)	Vidrio húmedo (seco)	Acero húmedo (seco)	Plástico húmedo (seco)	Cartón húmedo (seco)	Aluminio húmedo (seco)
Polipropileno (S)	0,11 (0,13)	0,09 (0,11)	0,24 (0,25)	0,26 (0,26)	0,18 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
Polipropileno (A)	NR	NR	0,29 (0,30)	0,31 (0,31)	0,18 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
PP compuesto (S)	0,30 (0,35)	—	—	0,31 (0,37)	0,24 (0,23)	0,36 (0,32)	0,17 (0,21)	—	0,55 (0,45)
Polietileno ³ (S)	0,24 (0,32)	NR	0,14 (0,13)	0,14 (0,15)	0,08 (0,09)	0,10 (0,13)	0,08 (0,08)	— (0,15)	0,20 (0,24)
PP detectable	0,24 (0,27)	NR	0,28 (0,29)	0,26 (0,30)	0,18 (0,20)	0,26 (0,30)	0,26 (0,29)	— (0,37)	0,40 (0,40)
Niñon detectable temp. máx.	(S) — (0,19) (A) — (0,32)	— (0,11) — (0,22)	— (0,24) — (0,36)	— (0,31) — (0,30)	— —	— —	— —	— (0,22) — (0,22)	— (0,31) — (0,31)
Acetal (S)	0,10 (0,10)	0,09 (0,08)	0,13 (0,15)	0,18 (0,19)	0,13 (0,14)	0,13 (0,13)	0,13 (0,16)	— (0,18)	0,33 (0,27)
Acetal HSEC (S)	0,10 (0,10)	0,09 (0,08)	0,13 (0,15)	0,18 (0,19)	0,13 (0,14)	0,19 (0,20)	0,13 (0,16)	— (0,18)	0,33 (0,27)
FR-TPES (S)	— (0,13)	—	—	—	—	— (0,18)	—	—	— (0,30)
Niñon HR 72 °F (22 °C)	(S) — (0,18) (A) — (0,30)	— (0,13) — (0,25)	— (0,17) — (0,26)	— (0,27) — (0,26)	— (0,16) — (0,16)	— (0,27) — (0,27)	— (0,16) — (0,16)	— (0,19) — (0,19)	— (0,28) — (0,28)
Niñon HR temp. máx.	(S) NR (A) NR	NR NR	— (0,18) — (0,32)	— (0,27) — (0,39)	— (0,19) — (0,19)	— (0,27) — (0,27)	— (0,47) — (0,47)	— (0,23) — (0,23)	— (0,25) — (0,25)
Niñon AR temp. máx.	(S) — (0,19) (A) — (0,32)	— (0,11) — (0,22)	— (0,24) — (0,36)	— (0,31) — (0,30)	— —	— —	— —	— (0,22) — (0,22)	— (0,31) — (0,31)
PP resistente a rayos UV	0,11 (0,13)	0,09 (0,11)	0,24 (0,25)	0,26 (0,26)	0,18 (0,19)	0,26 (0,32)	0,11 (0,17)	— (0,21)	0,40 (0,40)
PVDF	—	—	—	0,20 (0,20)	—	0,20 (0,20)	—	—	0,15 (0,15)
Alto impacto	0,23 (0,21)	—	—	0,31 (0,33)	—	— (0,64)	—	—	—
Easy Release PLUS	(S) 0,11 (0,13)	0,09 (0,11)	0,24 (0,25)	0,26 (0,26)	—	—	—	—	—
SELM	(S) — (0,19) (A) — (0,32)	— (0,11) — (0,22)	— (0,24) — (0,36)	— (0,31) — (0,30)	— —	— —	— —	— (0,22) — (0,22)	— (0,31) — (0,31)

(S) = en superficies lisas y limpias. (A) = condiciones abrasivas y sucias. NR = no se recomienda.

Tabla 1(Coeficiente de fricción en rodadura entre guía y banda) [Anexo catálogo de banda Intralox]

Tabla 3. (F_p) Coeficiente de fricción en rodadura entre el envase y la banda

Material del envase	Materiales estándar ⁴⁵							
	Polipropileno		Polietileno ⁶		Acetal		Acetal HSEC	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Vidrio	0,18	0,19	0,08	0,09	0,13	0,14	0,13	0,14
Inoxidable	0,26	0,32	0,10	0,13	0,13	0,13	0,19	0,20
Plástico	0,11	0,17	0,08	0,08	0,13	0,16	0,13	0,16
Cartón	—	0,21	—	0,15	—	0,18	—	0,18
Aluminio	0,40	0,40	0,20	0,24	0,33	0,27	0,33	0,27

Nota: Las bandas que funcionan en seco en un sistema transportador con acumulación de producto pueden, según la velocidad y el peso, desgastar una superficie dura de la banda. La superficie dura puede incrementar de forma sustancial el coeficiente de fricción.

Tabla 2 (Coeficiente de fricción en rodadura entre el envase y la banda) [Anexo catálogo de banda Intralox]

5. Estudio de diversos pulmones existentes en el mercado

Actualmente, en el mercado existe numerosas aplicaciones para acumular envases de forma dinámica siendo las más destacadas son las siguientes:

- Mesa simple de banda ancha
- Mesa multibanda
- Mesa doble banda
- Mesa FIFO (First In First Out)
- Mesa con recirculación de envases

5.1. Mesa simple de banda ancha



Figura 4. Mesa simple de banda ancha [2]

Este sistema está constituido por un transportador de banda ancha con una estrangulación a la salida por guías. Es el sistema más sencillo y económico para aplicaciones de envases cilíndricas.

En la actualidad, este diseño es más empleado como punto de recogida de envases en celda de despaletizado. Los despaletizadores recogen por capa los envases del pallet y depositan en la mesa, para que este lo transporte y unifique en fila los envases con el fin de introducir en la línea de producción.

Sin embargo, el equipo tiene varios inconvenientes al emplear como acumulador en línea de alta producción: alta presiones entre envases, bajo rendimiento en condiciones normales cuando no hay acumulación, y atranques en la salida del pulmón.

5.2. Mesa multibanda



Figura 5. Mesa multibanda [2]



Figura 6. Mesa multibanda [4]

La única diferencia que existe este sistema con respecto al anterior es el aumento del número de bandas motorizadas. Al aumentar el número de calle, permite configurar la velocidad de transporte de cada uno para crear separación entre envases con el objetivo de disminuir atonques y aumentar la velocidad de vaciado del pulmón. Al mismo tiempo, esta configuración implica un encarecimiento total del sistema, aunque no sea necesario diseñar con motorización independiente.

No obstante, a pesar del alto coste económico este sistema sigue siendo muy empleado en líneas de grandes producciones. En esas condiciones de fabricación, los envases se transportan en varias filas en paralelas para reducir la velocidad de transporte, y mediante este sistema se consigue unificar en una fila de manera continua y estable.

5.3. Mesa doble banda

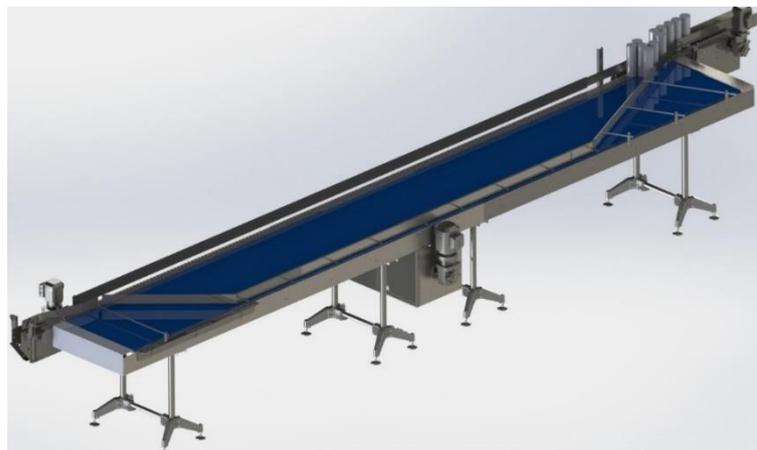


Figura 7. Mesa doble banda [5]

Este sistema está formado por una vía principal para el funcionamiento normal de la línea y otra vía más ancha que entrará en funcionamiento cuando genera acumulación en la producción.

Es un sistema bastante más económico y eficaz que la anterior, ya que es más sencillo de fabricar y en condiciones normales, la vía ancha no entraría en funcionamiento que obtendría un ahorro energético importante.

5.4. Mesa FIFO (First In First Out)



Figura 8. FIFO [5]

Este sistema es muy empleado para líneas de producción que requieren un control de tiempo de los productos en cada proceso de la línea. Se basa en el método de FIFO, que quiere decir primero en entrar primero en salir, para conseguir trazabilidad de los productos acumulado en la mesa.

Sin embargo, este equipo tiene un coste de fabricación bastante más elevado que todos los anteriores. Está formado por calles en paralelas y equipado con dos cabezales de guiado motorizado que este en conjunto es capaz de desplazar linealmente. Estos componentes están instalados en la entrada y la salida del sistema.

5.5. Mesa con recirculación



Figura 9. Mesa con recirculación [6]

Se trata de un sistema que permite reducir la presión que genera los envases acumulado. Están formado por un transportador central donde sale los envases y paralelo a este dos transportador ancho con dirección de envío invertido para acumular.

En funcionamiento normal, los envases entran por un lado de la mesa y sale por el transportador central. Al producir acumulación, los envases no pueden salir ya que está bloqueado, y se desviaría por presión los envases adyacentes hacia el transportador de dirección contraria. Gracias a esta configuración de transportadores, la presión de acumulación es bastante más reducida.

6. Boceto preliminar y simulación

En este apartado, se va a proceder al planteamiento y diseño preliminar de algunos posibles modelos con el software Demo3D. Y con la misma herramienta se realizarán el estudio del comportamiento dinámico de cada modelo.

6.1. Introducción del programa DEMO3D empleado para simulación

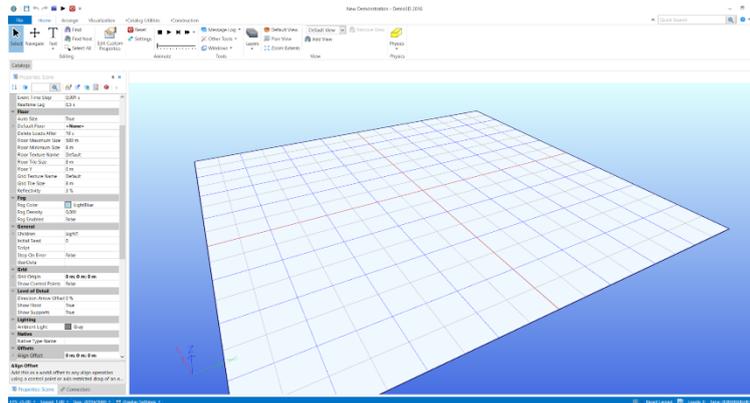


Figura 10 Ventana principal del programa. [7]

DEMO3D es un programa de modelización, de prueba, de prototipo rápido. Este programa permite crear prototipos y probar una amplia gama de equipos con diferentes controles y lógica de funcionamiento. Permite al usuario verificar la sincronización, el flujo, la secuenciación y la funcionalidad antes de comprometerse con las construcciones físicas, ahorrando tiempo y dinero.

Con este programa, los movimientos y flujos de material pueden ser representados con veracidad en determinadas condiciones. Teniendo en cuenta las propiedades físicas como la gravedad, la fricción, la inercia de la masa, etc. Facilita una representación veraz de la realidad. Este programa tiene tres modos de cálculo de física:

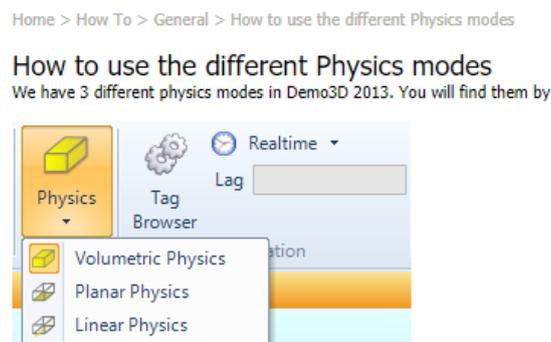


Figura 11. Selección del modo de física del programa

- Linear physics: es motor de física ultrarrápida que aumenta su velocidad a medida que se acumulan las cargas. Ideal para la acumulación de líneas largas.
- Planar physics: este modo utilizad un motor de física más rápida que la física completa sin fricción. Esto aumenta significativamente la velocidad de funcionamiento de un modelo.

- Volumetric physics: este modo utiliza un motor de física preciso y completamente dinámico que utiliza una matriz de material de fricción. Así mismo, se empleará para estudiar los de modelos preliminares.

Por otra parte, se debe señalar que es muy importante la configuración de los parámetros de físicos (masa, fricción, forma) para cada modo de cálculo, y es necesario comprobar la veracidad del comportamiento de los modelos en la simulación con respecto a la realidad mediante cálculos teóricos.

6.1.1. Configuración de las propiedades físicas para la simulación de los sistemas planteado.

Los cálculos realizados por el motor son en base de reiteración de ecuaciones polinómicas. Por lo tanto, la precisión del resultado dependerá de los límites establecidos para cada parámetro de cálculo y los más importantes son:

Physics	
Allow Undefined Friction	True
Friction Configuration	848 Combinations
Friction Material	Concrete
Loads Collide	True
Physics Auto Disable Time Step	0,05 s
Physics Grid Size	1 m
Physics Max Iterations	100
Physics Min Iterations	30
Physics Mode	Volumetric
Physics Num Body Iteration Scal	10
Physics Time Step	0,005 s
Vehicles Collide	False

Figura 12. Ventana de configuración del motor de cálculo de física del programa

- Physics mode: como explicado anteriormente, el modo volumétrico nos permitiría analizar el comportamiento dinámico de latas en el pulmón y a su vez verificar la velocidad de los transportadores calculado teóricamente.
- Physics max iteration y min interation: son la margen o rango de números de interacción que el motor de física internamente utiliza para calcular el movimiento de colisión de cajas con cajas o cajas con transportadores. Al aumentar el rango de iteración implicaría ralentizar el funcionamiento del equipo y aumentaría el tiempo de cálculo de la simulación.
- Phisics time step: número de fotograma por segundo. Es otro factor que determina la precisión de la simulación. Siendo 0,01 s por defecto (100 fps). En el modelo de estudio, se ha reducido al 0,005 para aumentar la precisión.
- Physics num body interation scale: indica el número de cuerpo máxima que produciría interacción con un solo cuerpo.

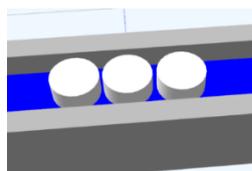


Figura 13. Physics num body interation = 2

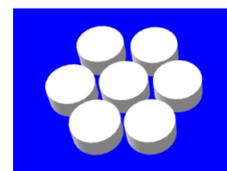


Figura 14 Physics num body interation = 2

A partir de las figuras anteriores se puedes observar que, las latas al posicionar en fila, cada una de ella se interactuaría como mínimo con dos latas.

En el caso de la mesa de acumulación cada lata está rodeada por 6 latas. De esta manera, hay que poner un valor mayor de 6 para asegurar que todos los envases que están en contacto estén sometidos en base de un cálculo iterativo.

6.1.2. Biblioteca del programa

El programa tiene una biblioteca de elementos principales de líneas producción como robots antropomórficos, transportadores de banda o de rodillo, sensores, etc. La cual, podemos coger y construir modelos sencillo y rápido y a la misma vez, realizar la simulación de estas.

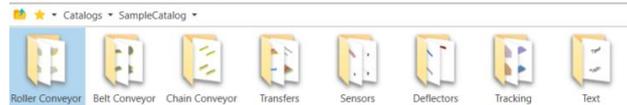


Figura 15. Ventana de biblioteca del programa

6.1.3. Creación de los envases:

En el espacio del programa, los envases son creados por un elemento funcional "Load Creator". A través de este, permite general modelos de envase de forma continua o discontinua, a una frecuencia determinada y una cantidad predeterminada en cualquier lugar del espacio 3d. La geometría de los envases puede ser cilíndricas, cuadros o esferas. Y también pueden ser importado desde otro software de diseño.

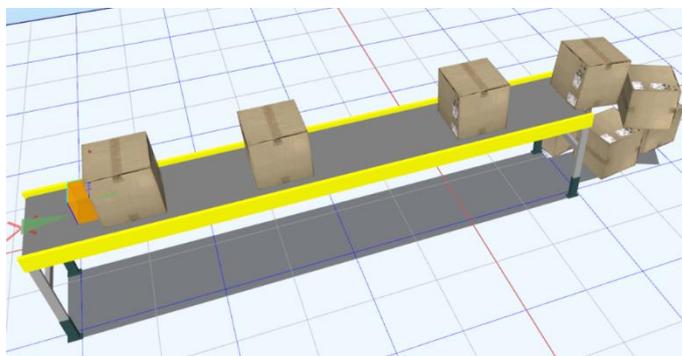


Figura 16. Ejemplo de una línea de transporte de cajas.

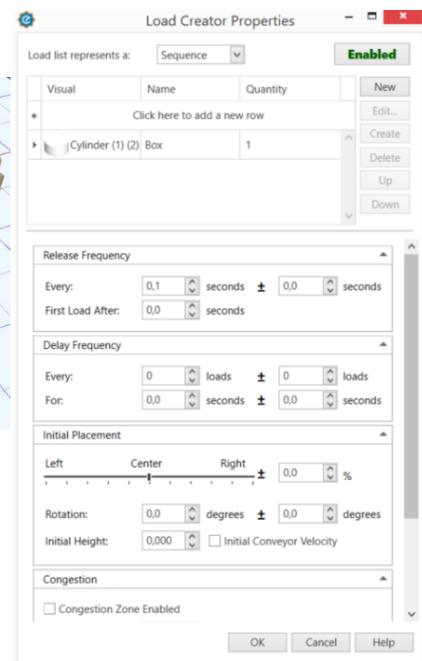


Figura 17. Ventana de configuración del Load Creator.

En resumen, para realizar una simulación es necesario por un lado crear envases en el espacio 3d de forma dinámica y por el otro lado, realizar la programación de la línea de transporte u otros movimientos para procesar los envases creados.

6.2. Diseños preliminares

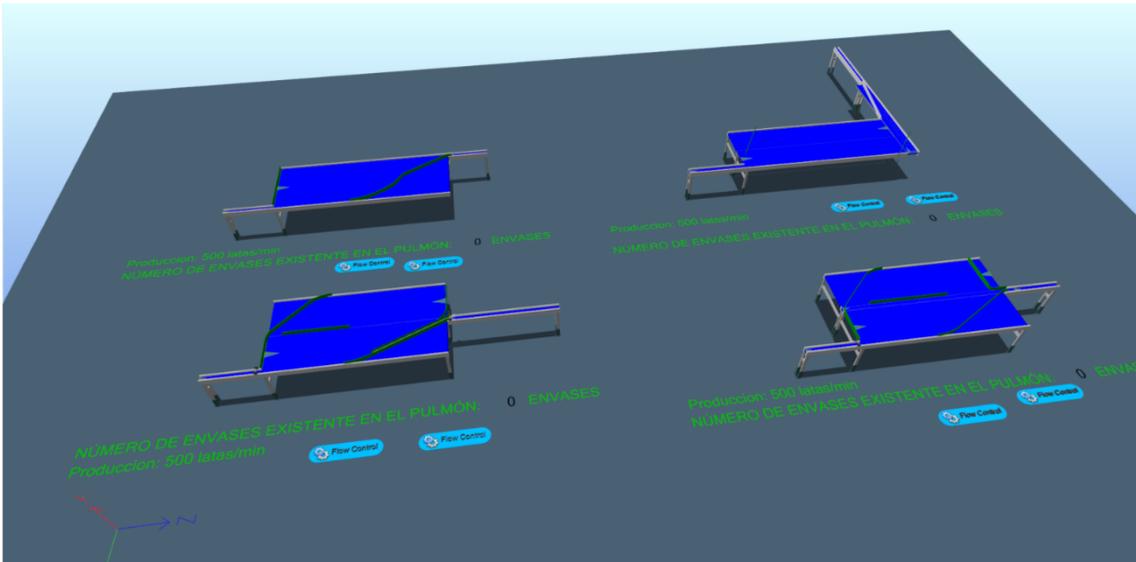


Figura 18. Diseños preliminares diseñado con el software.

Al entender cómo funciona el software, se procede el diseño de los modelos planteado. Algunos diseños son de los sistemas analizado en apartado anteriores que al mismo tiempo se ha introducido algunas mejoras para adaptar el formato planteado.

Cabe señalar que los modelos están configurados de manera aproximada tanto en el motor de física como las dimensiones del modelo con el fin de agilizar el cálculo del estudio.

6.3. Configuración de cada modelo

A continuación, se detalla los cálculos de velocidades, configuración del formato y dimensiones y programación de los modelos para la simulación.

Configuración del coeficiente de fricción de los transportadores

Los transportadores se interactúan con los envases y debe de configurar su coeficiente de fricción antes de modelar. El valor de fricción del material de la banda es obtenido a partir de la tabla de la pág 11 con un valor de 0,2.

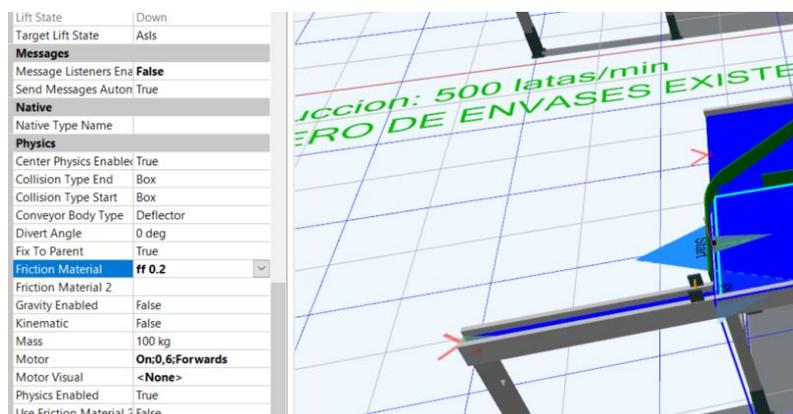


Figura 19. Ventana de la configuración de la propiedad física del transportador.

Cálculo de las velocidades de los transportadores

Para averiguar el rendimiento del sistema y analizar el comportamiento de los envases para cada modelo, se debe de establecer unas condiciones iniciales comunes:

- Producción: la velocidad de generación de los envases debería de ser la misma para todos los sistemas y se debe realizar una transformación de latas/min a segundo/lata:

$$500 \text{ latas/min} = 0,12 \text{ segundo/lata.}$$

Debido a la limitación del incremento de decimales (0,05 S), se ha empleado dos Load Creator:

$$0,2 \text{ s/lata} + 0,3 \text{ s/lata} = 300 \text{ latas/min} + 200 \text{ latas/min} = 500 \text{ latas/min}$$

Ambos Load Creator están posicionado linealmente.

- Velocidad del transportador de entrada: la velocidad nominal o mínima para poder transportar las latas desde un punto a otro es:

$$500 \text{ latas/min} \times 0,064 \text{ m (diámetro de lata)} = 32 \text{ m/min} \rightarrow 0,53 \text{ m/s}$$

- Velocidad del transportador de salida: el valor está relacionada directamente con la producción máxima de la maquinaria "aguabajo". Este valor suele ser un 30% mayor que la producción de la maquinaria "aguarrriba" y también depende del punto de cuello de botella de la línea de producción.

$$32 \text{ m/s} + 30\% = 41,6 \text{ m/s.}$$

- Programación: se ha programado un temporizador de 15 segundo para el funcionamiento en condiciones normales sin acumulación, y a continuación se desactiva el transportador de salida o activando un tope para general acumulación de envases. Para agilizar el trabajo de cálculo del programa, se ha configurado 30 segundo de acumulación.

Para cada caso en concreto, se ha resumido en la tabla siguiente la velocidad de los transportadores de cada modelo. Los valores se han asignado de manera aproximado y ha sido regulado según el comportamiento de los envases en la simulación.

Tabla de velocidad nominal de transportadores de simulación			
Producción	500	latas/min	
Diámetro latas	0,064	m	
V transportador-entrada	32	metro/min	
V transportador-salida	41,6	metro/min	30% más que la entrada
Caso1			
V transportador pulmón	36	metro/min	
Caso2			
V transportador D pulmón	32	metro/min	Tramo sentido directo
V transportador I pulmón	18	metro/min	Tramo sentido inverso o reenvío
V1 tramo salida	32	metro/min	velocidad igual que el transportador D pulmón
V2 tramo salida	38,4	metro/min	Incremento de 20% del anterior
V3 tramo salida	46,08	metro/min	Incremento de 20% del anterior
V transportador-salida	41,6	Metro/min	
Caso3			
V transportador D pulmón	32	metro/min	Tramo sentido directo
V transportador I pulmón	12	metro/min	Tramo sentido inverso o reenvío
Caso4			
V transportador D pulmón	32	metro/min	Tramo sentido directo
V transportador I pulmón	12	metro/min	Tramo sentido inverso o reenvío
V transportador central	41,6	metro/min	Transportador central

Tabla 3. Tabla de velocidades de cada modelo planteado en la simulación

Cálculo del tiempo de vaciado.

Para determinar el tiempo que tardaría en vaciar el pulmón después de una acumulación de dos minutos, se calcula de la siguiente manera:

- 1- Determinar el número de envases acumulado en el pulmón:
 $500 \text{ latas/min} \times 2 \text{ min} = 1000 \text{ latas}$
- 2- Producción de la maquinaria “aguabajo”:
 $500 \text{ latas/min} \times 1,3 = 650 \text{ latas/min}$
- 3- Diferencia de producción:
 $650 \text{ latas/min} - 500 \text{ latas/min} = 150 \text{ latas/min}$
- 4- Determinar el tiempo de vaciado:
 $1000 \text{ latas} / 150 \text{ latas/min} = 6,66 \text{ min}$

El resultado obtenido es 6,66 min. De este modo, en la simulación del modelo final debe de tardar como mínimo 6,66 min y no debe ser inferior a la calculada ya que se supone que la producción máxima de la maquinaria “aguabajo” es un +30%.

Programación

El lenguaje de programación empleado es del propio programa, aunque es muy similar al C Sharp. Cada caso planteado estaría programado para que funcionara con las mismas condiciones iniciales.

En la programación de cada modelo, se ha empleado un sensor que encierra el pulmón para detectar el número de envase existente y mostrar en la pantalla. Por el otro lado, todos los controladores, actuadores y sensores están conectado con el Flow Control del programa donde se desarrolla la programación.

Modelo 1

En este sistema se han programado el arranque y la parada de trasportadores y un tope final que desplaza verticalmente para abrir o cerrar el paso de envases.

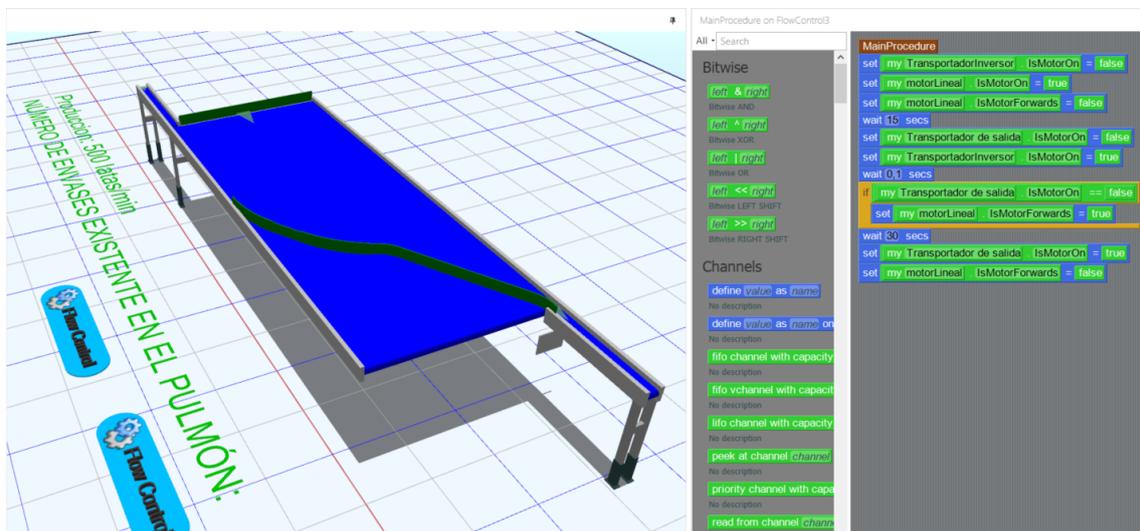


Figura 20. Programación del modelo 1

Modelo 2

Este modelo tiene un actuador adicional que está programado para que la guía pueda realizar un desplazamiento lineal con el fin de cerrar el paso de los envases hacia la salida y general acumulación.

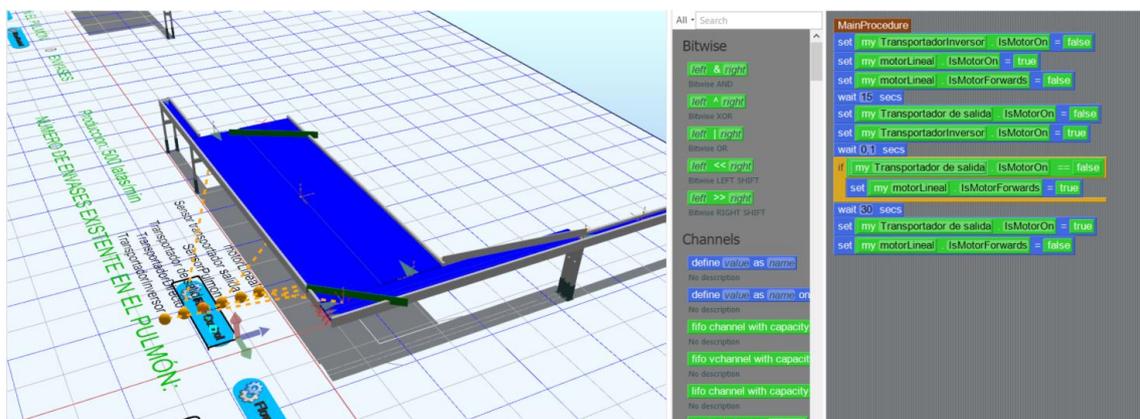


Figura 21. Programación del modelo 2

Modelo 3

Los actuadores principales de este modelo que están controlado por programación son: la guía central, los transportadores y la guía curvada.

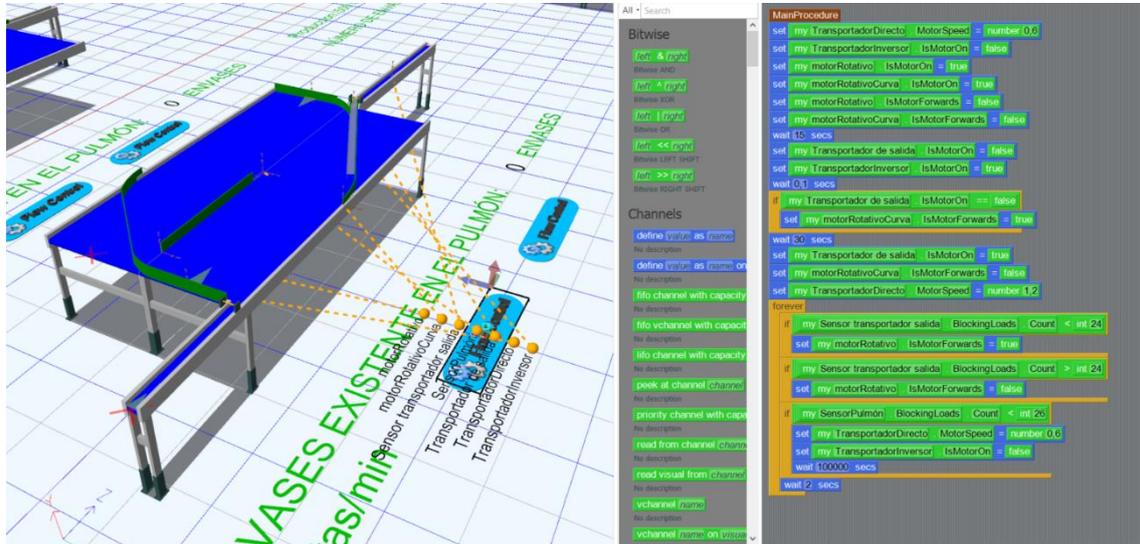


Figura 22. Programación del modelo 3

Modelo 4

La programación de este modelo es similar al modelo 1 aunque haya un mayor número de transportadores.

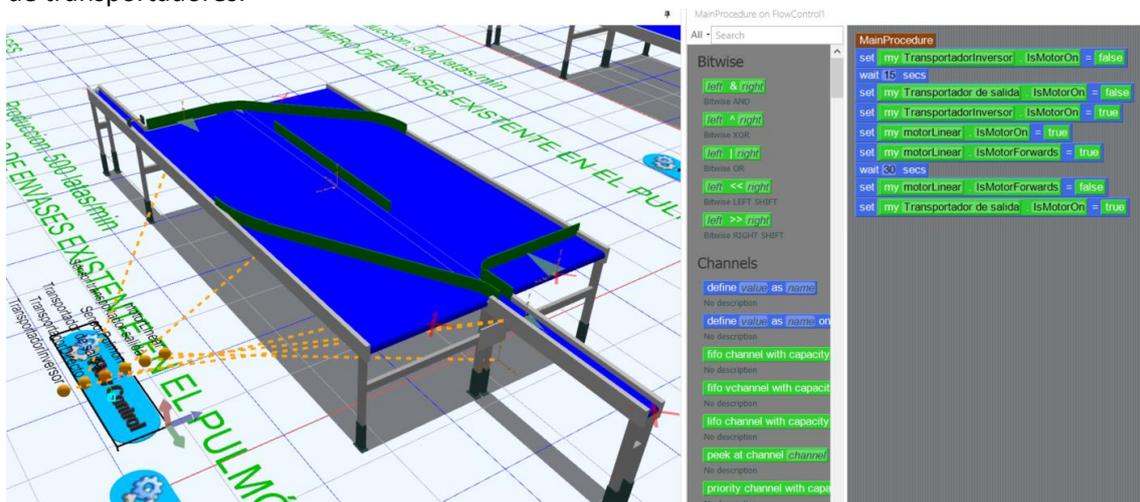


Figura 23. Programación del modelo 4

6.4. Estudio del resultado de la simulación.

Modelo 1

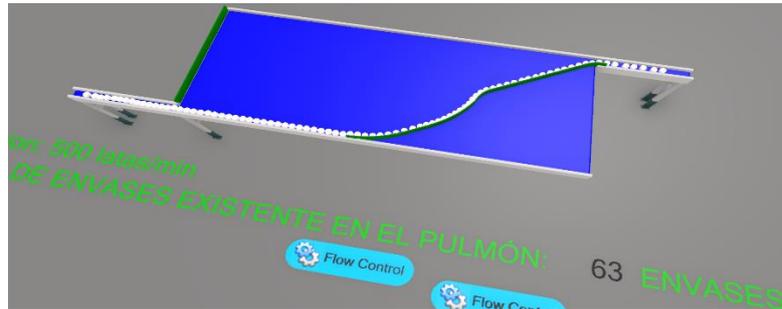


Figura 24. Modelo1 en condiciones normales

En la figura anterior muestra la línea de flujo de latas en condiciones normales con las configuraciones de velocidades calculada en apartados anteriores. Partiendo por la entrada, se puede observar que los envases entran pegados entre sí. Después, al aumentar la velocidad de la mesa, se genera separación entre los envases y permite disminuir contactos entre ellos al cambiar su dirección de desplazamiento. Sin embargo, se observa en el vídeo de simulación (Figura 25) unas latas que salen volando desde el Load Creator un par de veces. Esto es debido por la mala sincronización de los Load Creator y es difícil de corregir al ser una producción tan alta. Pero, si la frecuencia de esta interferencia fuese muy baja, se puede admitir este error en la simulación.

Acumulación:

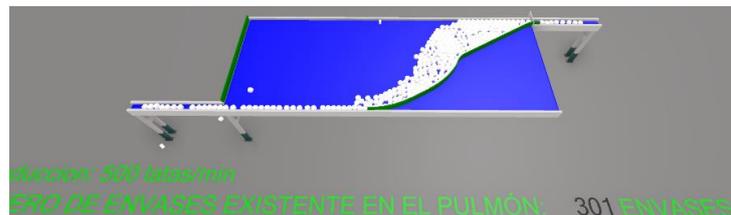


Figura 25. Modelo1 en acumulación

En la figura anterior presenta el número de envases acumulado durante 30 segundos (301 envases). Durante la acumulación, el transportador continúa arrastrando y las primeras latas del estrechamiento están sometido a la mayor presión de la acumulación.

Descarga:

Se abre el topé y los envases salen de manera discontinua con muchas frecuencias. Este fenómeno es muy habitual en este tipo pulmón y es provocado por dos o más envases posicionado en paralelo y en equilibrio durante un determinado tiempo. Y como consecuencia, se disminuye la velocidad de evacuación de los envases a un valor inferior que la entrada del sistema y por tanto se generaría congestión. Se puede observar en la figura 26 que los números de envases se ha incrementado de 300 a 500 latas después de 1 min.

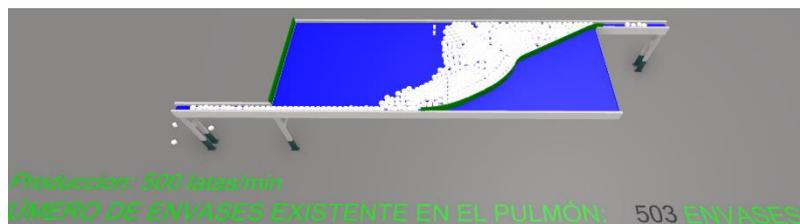


Figura 26. Modelo1 en descarga.

Modelo2

Este modelo está constituido por: una mesa de dos transportadores, una salida formado por tres transportadores estrecho a velocidad ascendente y dos guías.

En un principio, el objetivo de esta configuración es disminuir la presión de acumulación de los envases al colocar varios transportadores en paralelo y perpendicular a la mesa que permite configurar velocidades de forma creciente para crear o aumentar espacios libres entre envases, con el fin de mejorar el vaciado del pulmón.

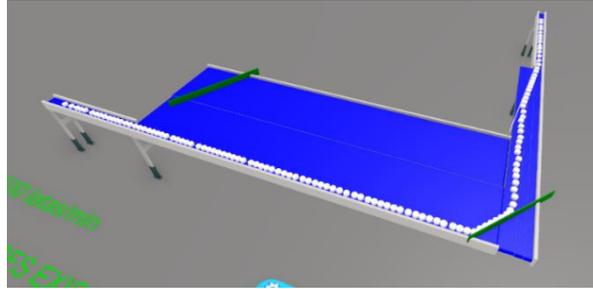


Figura 27. Modelo2 en condiciones normales

Acumulación:

La figura siguiente muestra la acumulación de los envases después de 30 segundos. Se observan que los envases son encerrados por una guía fija con otra móvil. El lado móvil, es capaz de desplazarse linealmente en la dirección de la mesa con dos posiciones: uno mostrado en la figura 27 y el otro mostrado en la figura 28.

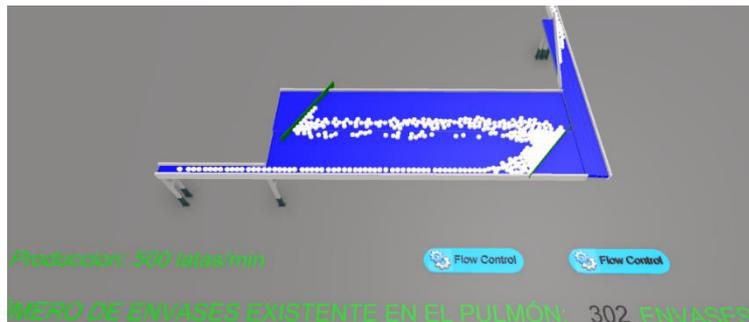


Figura 28. Modelo2 en acumulación

Descarga:

En el proceso de vaciado del pulmón, el comportamiento de los envases en el punto de salida ha sido diferente que el análisis teórico y se ha producido congestión igual que el modelo 1.

Sin embargo, este sistema de estrechamiento es muy empleado en situaciones reales para alineación de envases. Con lo cual, si no existieran mejores soluciones, se debe realizar un estudio más profundo de este sistema o pruebas en taller para verificar su comportamiento.

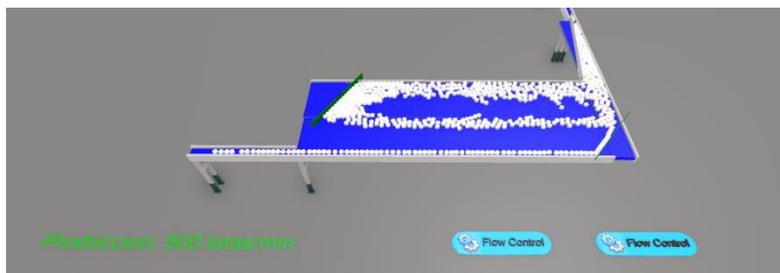


Figura 29. Modelo2 en descarga.

Modelo 3

Este sistema está constituido principalmente por dos transportadores de banda y unas guías motorizadas y fijas. Para solucionar la incertidumbre del vaciado del caso 2, se ha diseñado un túnel de salida con una determinada inclinación como ruta de salida de los envases, una guía centrar rotativa para mejorar el control de vaciado, y por último una guía curvada motorizada para desviar los envases hacia el pulmón.

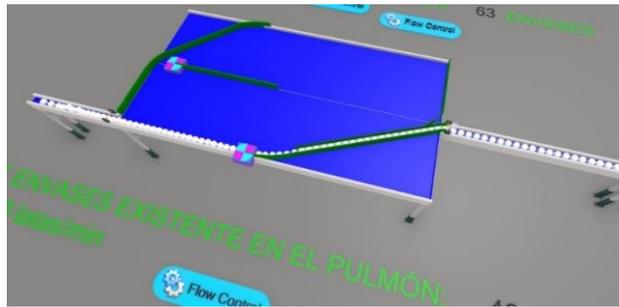


Figura 30. Modelo3 en condiciones normales

Acumulación:

En modo acumulación, la guía curvada se activa y los envases recircula en el pulmón como el caso 2.

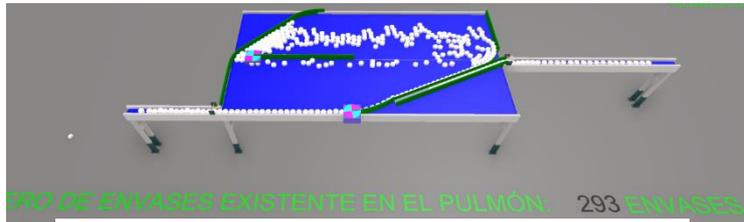


Figura 31. Modelo3 en acumulación

Descarga:

Para realizar la descarga, la guía centrar se ha girado hasta la segunda posición y se ha modificado la dirección de flujo de los envases del pulmón. De esta manera, los envases se ocupando los huecos libres del flujo principal y entran al túnel de salida. En caso de no haber huecos libres, los envases se vuelven hacia el pulmón ya que el túnel está dimensionado solo para una fila.

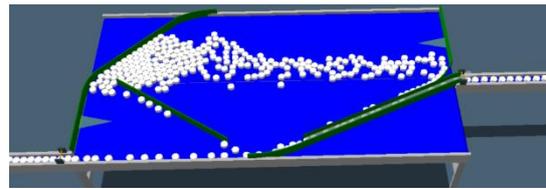


Figura 32. Modelo 3 en descarga

En el video de simulación de este diseño, muestra un resultado aceptable y se ha mejorado considerablemente los problemas de presión, atranque y el vaciado de los diseños anteriores. En la figura 33, se puede ver el número de envases que queda en la mesa a los 105 segundos.



Figura 33. Modelo3 en descarga

Modelo 4

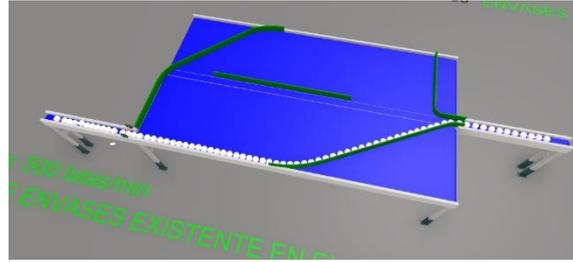


Figura 34. Modelo4 en condiciones normales

Este diseño es uno de los casos estudiado de las aplicaciones existente del mercado. Y se desea comprobar su validez con el formato de envase y la producción establecida en el objeto.

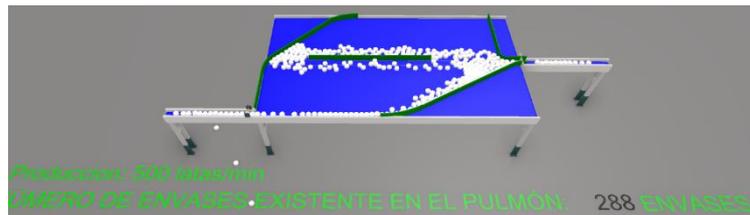


Figura 35. Modelo 4 en acumulación

Acumulación:

En este caso, se muestra un comportamiento de los envases estable en la acumulación y se realiza una recirculación de manera semejante al ejemplo estudiado. Sin embargo, la frecuencia de la caída de envases es ligeramente mayor que los casos anteriores por el problema de Load Creator, y se debería mejorar el diseño del modelo para estudiar con más detalle en la simulación en caso de seleccionar esta solución.

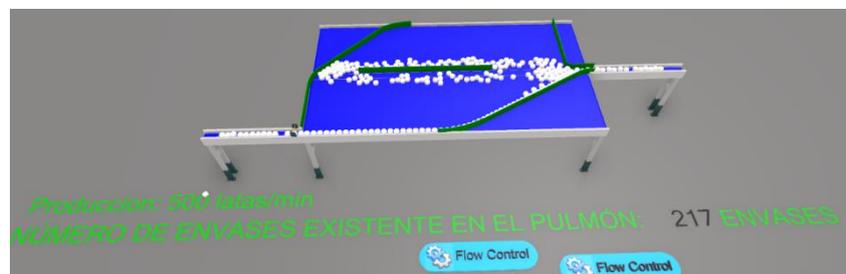


Figura 36. Modelo4 en descarga

Descarga:

En el proceso de descarga se muestra un resultado bastante admisible. No se ha observado el problema de atorcamiento como el caso 1 y 2, aunque existiera presión y estrechamiento en la salida del pulmón. Por otra parte, la acumulación se ha reducido de manera constante a lo largo del tiempo.

Selección del modelo final para el diseño

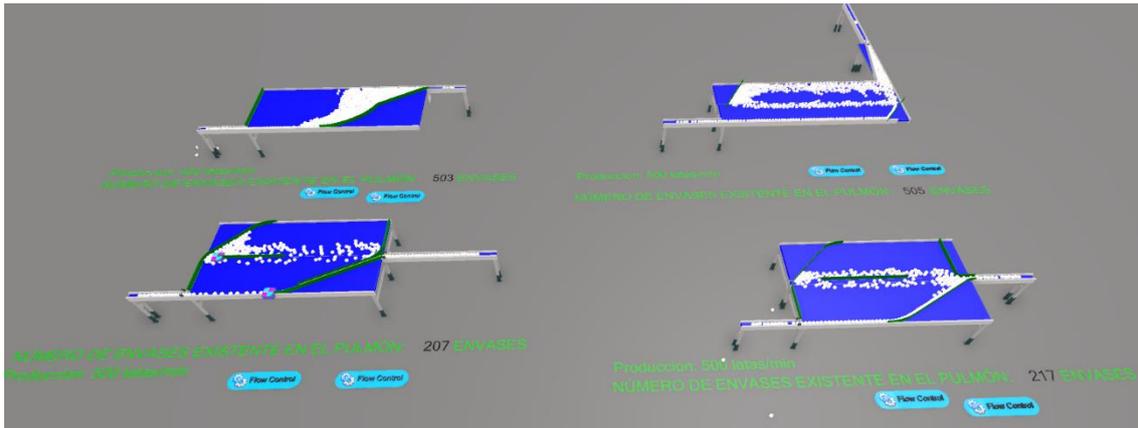


Figura 37. Vista de los modelos planteado en la simulación

Tras los análisis de estas simulaciones se han observado varios indicios de que los resultados de los modelos no son lo suficientemente próximos a la realidad. Por lo tanto, se debe seleccionar el modelo que sea analíticamente viable y a su vez que muestre un resultado admisible en la simulación.

En primer lugar, en la selección se ha de eliminar el caso 1 por la inseguridad que demuestra en el video y el caso 2 por el coste de fabricación ya que el sistema es más complejo y está constituido por 5 transportadores.

Para el caso 3 y 4, no se muestra diferencia en el resultado de la simulación. Sin embargo, el caso 4 requiere un transportador adicional en el medio del pulmón que está conectado a la salida para mejor el vaciado, como consecuencia, el coste de fabricación sería ligeramente mayor.

Además, analíticamente el sistema 3 debería de proporcionar un mejor resultado en el proceso de vaciado, puesto que tiene una guía motorizada que regula los envases del pulmón con los envases del flujo principal. En cambio, el caso 4 no es capaz de conseguir un flujo de manera constante por el estrechamiento en la salida.

No obstante, el caso 4 es un sistema existente en mercado y empleada en diversas instalaciones de fabricación de latas, por lo cual en base de experiencias desarrolladas permite disminuir las incertidumbres en aspectos técnicos y un ahorro de tiempo importante en el desarrollo.

De todo modo, como lo que se pretende es realizar un I+D, se decide desarrollar el caso 3 para cumplir el objeto del proyecto.

7. Regulaciones y normativas aplicables:

A continuación, se van a citar todas las regulaciones y normativas aplicables para una máquina, parte de una máquina y grupo de maquinaria.

Directiva europea:

- 2006/42/CE relativa a las máquinas
 - Anexo I requisitos esenciales de seguridad y salud de las máquinas.
 - En el anexo II, B de esta normativa lo clasifica el equipo diseñado como cuasi máquina.
 - De acuerdo con el punto 1.5.1 del anexo I, se aplican los objetivos en materia de seguridad establecidos en la Directiva 2014/35/EU.
 - De acuerdo con el punto 2.1.1 del anexo I, se aplican los requisitos de máquinas destinadas a los productos alimenticios, cosméticos o farmacéuticos.
 - En el anexo II indica el contenido de una declaración CE de una máquina o declaración de incorporación de una cuasi máquina.
 - En el anexo VII sección A de esta normativa regula documentación técnica pertinente de una máquina.
 - En el anexo VII sección B de esta normativa regula documentación técnica pertinente de una cuasi máquina.

- 2006/95/CE el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión
 - De acuerdo con el artículo 1 aplicado a material eléctricos de cualquier clase destinado a utilizarse con una tensión nominal comprendida entre 50 y 1000 V en corriente alterna.

- 2014/30/UE compatibilidad electromagnética
 - De acuerdo con el artículo 3 punto 2, se aplica los aparatos destinada al usuario final, y que pueda generar perturbaciones electromagnéticas, o cuyo funcionamiento pueda verse afectado por estas perturbaciones.

Regulaciones industriales

- RD 1644/2008 la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- RD 842/2002 Se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias
- RD 1580/2006 regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos

Estándares aplicados declarando el equipo como una cuasi maquina:

- UNE-EN-ISO 12100-1:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- UNE-EN ISO 14159 Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas

Estándares adicionales aplicados si el equipo instalase como una máquina independiente.

- UNE-EN-ISO 14119 Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección
- UNE-EN 1037:1996 Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva
- UNE-EN ISO 13850:2008 Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño.
- UNE-EN ISO 13849-1/2:2015 Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño
- UNE-EN 60204-1:2007 Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE EN ISO 13849-2:2013 Seguridad de las máquinas- Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación.

7.1. ¿Qué es diseño limpio?

El concepto de diseño limpio de la máquina es diseñar y fabricar una máquina que sea fácil de limpiar, evitar la acumulación de suciedad, accesible y se pueda limpiar con productos ácidos. A continuación, se va a citar algunos criterios de la norma EN ISO 14159 para el diseño higiénico de las máquinas y de los componentes:

- Acabado superficial: Un acabado de alta calidad de las superficies de los componentes que están en contacto con los productos se hace imprescindible para evitar cualquier impureza microbiana. Esto se garantiza con un valor de rugosidad media $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$ según la norma ISO 468:1982 en la zona de contacto con alimentos. De esta forma, los microorganismos y esporas de un tamaño entre $1 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$ pueden desprenderse de la superficie a una velocidad de circulación del detergente de 2 m/s . En la zona de salpicaduras se utilizan con frecuencia componentes con un valor de rugosidad de $\leq 3,2 \mu\text{m}$. Además, gracias a una superficie lisa cuentan con una mayor resistencia a la corrosión. [anexo FOOF manual_design].

- Elementos de unión, rosca: se debe evitar la utilización de estos elementos. Según el artículo 5.2.2.11 de la norma ISO 14159, los elementos de sujeción deben ser limpiables en caso de que no se pueda evitar la utilización de este. Y no debe haber tornillos roscados al aire. La finalidad de lo anterior es evitar formar focos de infección y las roscas abiertas son extremadamente difíciles de limpiar.

- Ángulos interiores, esquinas y radios: Los radios extremadamente pequeños y las esquinas representan siempre un riesgo para la higiene. Como en este caso las velocidades de circulación de los detergentes y desinfectantes son demasiado bajas, no se puede conseguir el efecto de limpieza deseado. El radio mínimo especificado es de 3 mm . [anexo FOOF manual_design].

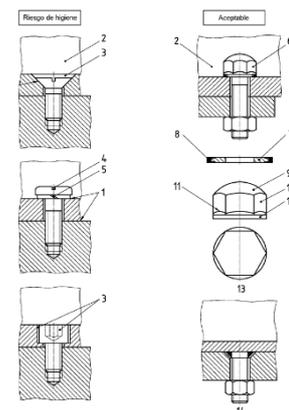


Figura 38. Diseño de sujeciones [EN ISO 14159]

- Los componentes de las máquinas y equipos deben montarse siempre libres de espacios vacíos. Aquellos componentes que puedan dar problemas deben montarse totalmente abierto o, por el contrario, completamente cerrado.

- Empleo de materiales anticorrosivos o resistente a corrosión como acero inoxidable, polietileno, etc, para poder realizar la limpieza total del equipo sin producir deterioro.

Algunos ejemplos de buenas y malas características de diseño higiénico de la norma para tener en cuenta en el presente objeto de estudio:

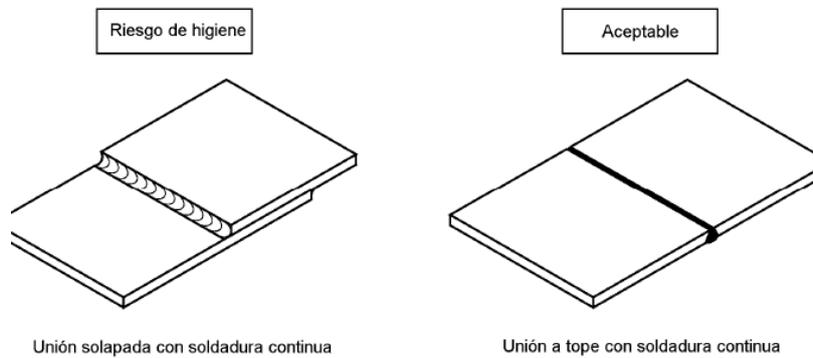


Figura 41 soldadura de cordón continua y sin solaparse. [EN ISO 14159]

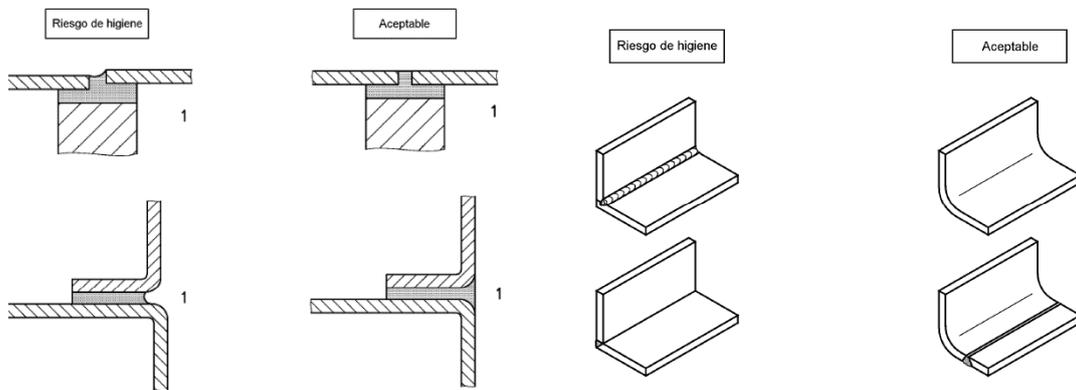


Figura 40. Otros ejemplos de unión soldada. [EN ISO 14159]

Figura 39. Ángulos y esquinas internas. [EN ISO 14159]

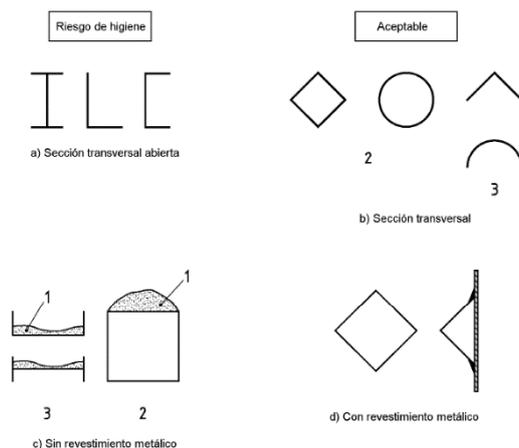


Figura 42. Estructuras y soportes. [EN ISO 14159]

De todo modo, el presente diseño no está aplicado al 100% de los criterios de higiene exigido por la norma debido a que la condición de higiene propuesta en el objeto es un ambiental normal que es incomparable con una sala blanca. Sin embargo, al aplicar algunos criterios anteriores se podría conseguir un ahorro de coste de limpieza y mantenimiento.

8. Cálculos, diseño y selección de componentes

En esta parte, se va a describir detalladamente los cálculos realizados, el diseño utilizado y la metodología empleada para seleccionar los elementos principales como banda modular, ejes, motorreductor, etc.

8.1. Dimensionamiento de la mesa de acumulación.

La dimensión de la mesa es calculada a partir de la producción, dimensión del producto, % de área aprovechable y tiempo de acumulación exigida.

Cálculo realizado:

1. Determinar el número de envases acumulado en 2 min:
 $500 \text{ latas/min} \times 2 \text{ min} = 1000 \text{ latas}$
2. Determinar el área ocupada por una lata:

la superficie que ocupa un conjunto de latas en posición paralelo es mayor que a tresbolillo, y en la mesa de acumulación puede ocurrir ambas situaciones.

De este modo, para realizar una estimación del área necesaria con seguridad, se ha tomado el área de envases como una superficie cuadrada con los lados equivalente al diámetro de la lata.



Área unitaria:
 $64\text{mm} \times 64\text{mm} = 4096\text{mm}^2$

3. Área en total para 1000 latas:
 $1000 \times 0,004096 \text{ m}^2 = 4,096 \text{ m}^2$
4. Sobredimensionamiento al 70%:
 $4,096 \text{ m}^2 / 70\% = 5,85 \text{ m}^2$
La dimensión mínima del pulmón sería 5,85 m².
5. Dimensión final obtenida es:

Mesa izquierdo: $0,9 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 3,15 \text{ m}^2$
Mesa derecho: $0,9 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} = 3,15 \text{ m}^2$
Área total final: 6,3 m²

Diseño antisimétrico

El modelo seleccionado al estar constituido por dos transportadores posicionados en paralelo y en dirección contraria, nos permite diseñar la mesa de manera antisimétrica para ahorrar el tiempo de desarrollo y a su vez aumentar la compatibilidad del diseño.

Por lo consiguiente, los posteriores cálculos y criterios de selección estarían a base del transportador del lado con mayor carga.

8.2. Selección del modelo de banda modular:

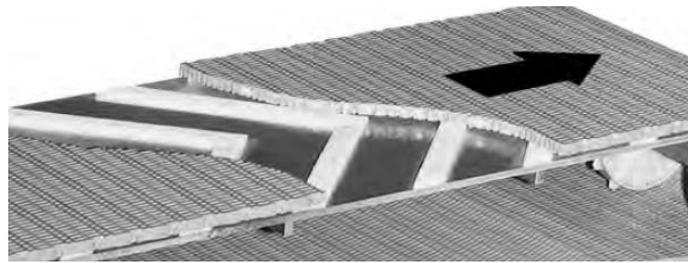


Figura 43. Banda modular. [Anexo catalogo de banda Intralox]

la banda modular es el elemento más importante del transportador la cual condiciona el diseño de los demás elementos. Con respecto a la parte mecánica, debe de resistir las distintas combinaciones de cargas, la resistencia de fricción, el traslado del producto a una elevación diferente (si la hubiera).

0,315 pulgadas (8,00 mm):	Serie 550
0,50 pulgadas (12,70 mm):	Serie 1500
0,60 pulgadas (15,20 mm):	Serie 1000, Serie 1100
1,00 pulgada (25,40 mm):	Serie 100, Serie 1400, Serie 1600, Serie 1650
1,01 pulgadas (25,70 mm):	Serie 9000
1,07 pulgadas (27,20 mm):	Serie 900
1,44 pulgadas (36,60 mm):	Serie 1200
1,50 pulgadas (38,10 mm):	Serie 1700
1,52 pulgadas (38,60 mm):	Serie 1750
2,00 pulgadas (50,80 mm):	Serie 200, Serie 400, Serie 800, Serie 850, Serie 888, Serie 4400 Serie 4500
2,07 pulgadas (52,60 mm):	Serie 1900
2,50 pulgadas (63,50 mm):	Serie 1800
3,00 pulgadas (76,00 mm):	Serie 10000

Figura 44. Lista de series de transportador de banda Intralox [8]

El criterio empleado para la selección del modelo es elegir una serie que corresponda a un paso que tenga la máxima compatibilidad. De esta manera, aumenta la flexibilidad de la configuración del sistema, pudiendo emplear un tipo de banda u otra según el ámbito de aplicación.

Flush Grid							
	pulg.	mm					
Paso	1,00	25,4					
Ancho mínimo	1,5	38					
Incrementos del ancho	0,25	6,4					
Dimensión de abertura (aproximado)	0,2 x 0,2	5 x 5					
Área abierta	31%						
Tipo de bisagra	Abierta						
Método de accionamiento	Accionamiento central						
Retención de varillas; tipo de varillas	Cierre a presión; con cabeza						
Datos de la banda							
Material de la banda	Material de varilla estándar de Ø 0,18 pulg. (4,6 mm)	Resistencia de la banda		Rango de temperatura (continuo)		Peso de la banda	
		lb/pie	kg/m	°F	°C	lb/pie²	kg/m²
Polipropileno	Polipropileno	300	450	34 a 220	1 a 104	0,54	2,64
Polietileno	Polietileno	200	300	-50 a 150	-46 a 66	0,58	2,83
Acetal	Polipropileno	600	890	34 a 200	1 a 93	0,78	3,81
Acetal HSEC	Polipropileno	400	595	34 a 200	1 a 93	0,78	3,81
Acetal ¹	Polietileno	550	820	-50 a 70	-46 a 21	0,78	3,81

Tabla 4. Características de la banda modular FLUSH GRID de Intralox. [Anexo catalogo de banda intralox]

la banda seleccionada tiene un área abierta de 31% y un rango de temperatura de trabajo entre 1 y 93°C. Además, tiene una resistencia a tracción de 890kg/m de ancho, la cual se comprobarán el factor de seguridad en el apartado de cálculo de tensión de banda. En el caso de que la banda seleccionada no pudiera soportar la carga aplicada, se tiene que elegir otro modelo y realizar los cálculos de nuevo.

8.2.1. Selección de engranajes

Engranaje moldeado										
No. de dientes (Acción poliédrica)	Diám. nom. de paso pulg.	Diám. nom. de paso mm	Diám. ext. nom. pulg.	Diám. ext. nom. mm	Diám. nom. del cubo, pulg.	Diám. nom. del cubo, mm	Dimensiones disponibles de agujeros			
							Unidades		Métrico	
							Redondos (pulg.)	Cuadrados (pulg.)	Redondos (mm)	Cuadrados (mm)
6 (13,40%)	2,0	51	2,1	53	0,75	19		1,0		
11 (4,05%)	3,5	89	3,7	94	0,75	19		1,0		40
								1,5		
19 (1,36%)	6,1	155	6,3	160	1,25	32		1,5		40
								2,5		60
										65

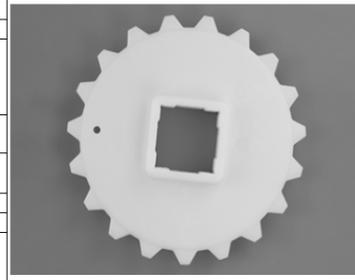


Figura 45. Engranaje moldeado de Intralox. [Anexo catalogo de banda intralox]

El modelo de engranaje depende del tipo de banda seleccionada, y la anchura de la banda es la que determina el número de engranajes necesaria. Para el presente caso, el engranaje correspondiente a la serie de banda seleccionada es de material acetal, que tiene muy buenas propiedades mecánicas y tiene disponible en tres tamaños.

El tamaño del engranaje depende por un lado del espacio libre permitida la zona de transferencia, ya que influye en la estabilidad y tracción continua del envase. Por el otro lado, la variación de velocidad vibratoria permitida.

Frente al problema del espacio de transferencia, se podría solucionar añadiendo placas de transferencia con rodillos o barras frontales estáticas de alta resistencia y bajo fricción. Sin embargo, el problema de variación de velocidad vibratoria puede generar grandes vibraciones cuando el equipo esté trabajando a alta velocidad y este depende de la acción poliédrica.

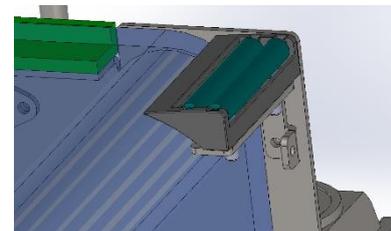


Figura 46. Placa de transferencia con rodillos

¿Qué es acción poliédrica?

A medida que los módulos de la banda se engranan a su paso sobre los engranajes motores, se produce una pulsación en la velocidad lineal de la banda. Esto es lo que se llama acción poliédrica, es decir, la elevación y caída de un módulo al girar alrededor de la zona central de alineación de un eje. Todas las bandas y cadenas accionadas por engranajes cuentan con esta característica. La variación en la velocidad es inversamente proporcional al número de dientes del engranaje. Por ejemplo, una banda accionada por un engranaje de seis dientes experimenta una variación de

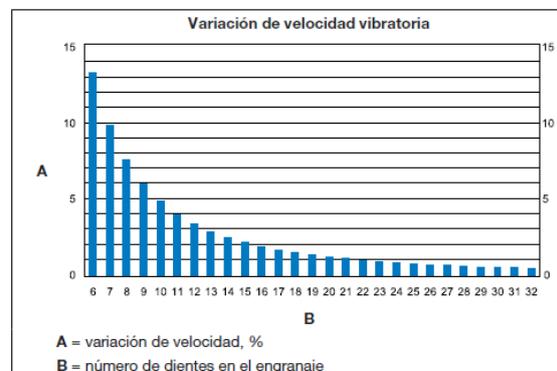


Figura 47. Grafica de variación de velocidad en función del número de dientes del engranaje. [Anexo catalogo de banda intralox]

velocidad vibratoria del 13,4 %, mientras que en una banda de engranaje de 19 dientes es de solo el 1,36 %. En aplicaciones en las que debe evitarse que el producto se vuelque o en las que una velocidad suave y uniforme es crítica, es recomendable seleccionar engranajes con el mayor número posible de dientes.[9]

Factor de resistencia

En la figura 47 presenta una gráfica que proporciona el factor de resistencia en función del número de dientes del engranaje y la relación velocidad/longitud del transportador. Se puede observar que, al tener mayor número de dientes, el factor de resistencia es mucho mayor independientemente de la relación de V/L.

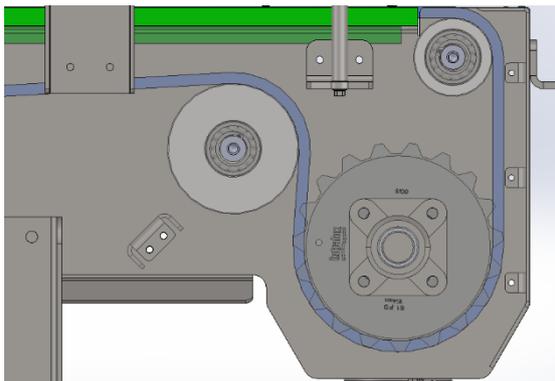


Figura 49. Posición del eje de tracción.

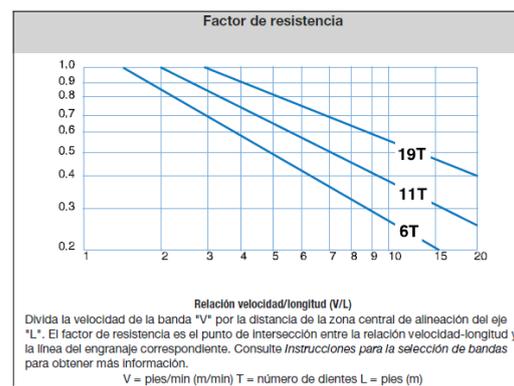


Figura 48. Factor de resistencia del engranaje.
[Anexo catalogo de banda intralox]

Finalmente, para evitar problemas de transferencia, estabilidad y emplear el engranaje de 19 dientes, se ha realizado un diseño que emplea dos rodillos para desplazar la posición del eje de tracción con el fin de reducir el radio de giro. Ver Figura 48.

Números de engranajes por eje y su separación

Ancho nominal aproximado de la banda ¹		Número mínimo de engranajes por eje ²	Gulas de desgaste	
pulg.	mm		Recorrido de ida	Recorrido de retorno
2	51	1	2	2
4	102	1	2	2
6	152	2	2	2
7	178	2	3	2
8	203	2	3	2
10	254	2	3	2
12	305	3	3	2
14	356	3	4	3
15	381	3	4	3
16	406	3	4	3
18	457	3	4	3
20	508	5	5	3
24	610	5	5	3
30	762	5	6	4
32	813	7	7	4
36	914	7	7	4
42	1067	7	8	5
48	1219	9	9	5
54	1372	9	10	6
60	1524	11	11	6
72	1829	13	13	7
84	2134	15	15	8
96	2438	17	17	9
120	3048	21	21	11
144	3658	25	25	13

Para otros anchos, use un número impar de engranajes con una separación de zona central de alineación máxima de

Separación de zona central de alineación máxima de 6 pulg. (152 mm)

Separación de zona central de alineación máxima de 12 pulg. (305 mm)

Tabla 5. Referencia de cantidad de engranajes y soportes. [Anexo catalogo de banda intralox]

Según la tabla anterior del fabricante, para una banda de 900 mm de ancho se recomienda emplear 7 engranajes para el eje conductor y 4 para el eje conducido. Además, recomienda una separación de zona central de alineación máxima de 152mm.

8.3. Cálculo de la carga de tensión de banda o la fuerza de banda (BP)

A continuación, se va a realizar el cálculo de la carga máxima a transportar, la resistencia final de la banda y la comprobación de esta frente a la carga aplicada siguiendo las instrucciones del manual de ingeniería de Intralox.

Resumen de las condiciones iniciales:

Descripción	altura	diámetro	unidad
Dimensiones del envase	0,03	0,064	m
Produccion	500		latas/min
peso neto de cada lata	0,08		Kg
Área que ocupa una lata como máximo	0,004096		M2
Tiempo de acumulacion deseado	> 2		min

Descripción	Anchura(m)	Longitud(m)	Velocidad nominal(m/min)	Velocidad mínima(m/min)	Velocidad máxima(m/min)
Transportador 1	0,9	3,5	32	5	70
Transportador 2	0,9	3,5	20	5	70

La resistencia a la tracción en una banda transportadora en funcionamiento se produce por la combinación de las cargas presentes, por la resistencia friccional y por el traslado del producto a una elevación diferente (si la hubiera).

Las fuerzas de fricción se desarrollan de dos maneras. Primero, los pesos de la banda y del propio producto transportado, ejercidos sobre el recorrido de ida, crean una resistencia, conforme se mueve la banda. Segundo, si el producto se mantiene estacionario mientras la banda sigue desplazándose debajo de la misma, se crea una resistencia adicional entre la banda y el producto.

La tracción de la banda BP se calcula con la siguiente fórmula:

$$BP = [(M + 2W) \times Fw + Mp] \times L + (M \times H) = 8,957 \text{ kg/metro de ancho}$$

M (Carga de producto en condiciones normales kg/m2):

500 (latas/min) / 32 (m/min) x 3,5 metros = 54 latas en teoría y en la simulación 49.

54 x 80 gramos/latas = 4,375 kg/metro2.

W (Peso de la banda en kg/m2): 3,81 kg/metro2

L (Longitud del transportador): 3,5 metros

H (Cambio de elevación del transportador): 0 metro

Fw (Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda): 0,08

Mp = M × (Fp × % acumulación en la banda), carga debida a acumulación:

80 gramo * 538 latas/3.5metros * coeficiente de fricción (ver tabla 6)= 1,598 kg/metro2

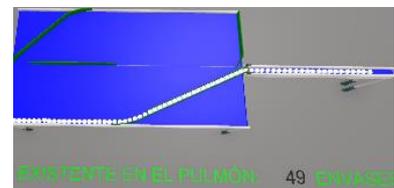


Figura 50. Número de envases presente en el pulmón

Tabla 2. (F_w) coeficiente de fricción de puesta en marcha entre la guía de desgaste y la banda

Material de las guías de desgaste	Materiales estándar ¹									
	Polipropileno				Poliuretano		Acetal		Acetal HSEC	
	Superficie lisa		Superficie abrasiva ²		Superficie lisa		Superficie lisa		Superficie lisa	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
UHMW	0,11	0,13	NR	NR	0,24	0,32 ³	0,10	0,10	0,10	0,10
HDPE	0,09	0,11	NR	NR	NR	NR	0,09	0,08	0,09	0,08
Nílon modificado con molibdeno o silicona	0,24	0,25	0,29	0,30	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,15
Acero inoxidable o al carbono con acabado laminado en frío	0,26	0,26	0,31	0,31	0,14	0,15	0,18	0,19	0,18	0,19

Tabla 6. Coeficiente de fricción entre guía de desgaste y la banda. [Anexo catalogo de banda intralox]

Ajuste del BP calculado a las condiciones específicas de servicio

Las condiciones de servicio pueden variar considerablemente. La tracción de la banda BP, calculada en el punto anterior se debe ajustar de acuerdo con esos factores. La tracción ajustada de la banda, ABP, se determina al aplicar el factor de servicio SF.

Factor de servicio (SF)		
Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.		1,0
Arranques frecuentes bajo carga (más de uno por hora)	Agregue	_____
	0,2	_____
A velocidades superiores a 100 FPM (pies por minuto) (30 metros/min)	Agregue	_____
	0,2	_____
Transportadores elevadores	Agregue	_____
	0,4	_____
Transportadores de empuje	Agregue	_____
	0,2	_____
	Total	_____
Nota: Para velocidades superiores a los 50 FPM (15 m/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar motores de arranque suave.		

Tabla 7. Factor de servicio. [Anexo catalogo de banda intralox]

En el presente caso, debido a la velocidad del funcionamiento que es 32m/min y los posibles arranques y paradas por la acumulación y el vaciado del pulmón. El factor de servicio resultante sería 1,4.

$$\text{Fuerza de banda ajustada (ABP)} = \text{BP} * \text{SF} = 12,5 \text{ kg/metro.}$$

Cálculo de la resistencia permitida de la banda (ABS)

La resistencia permitida de la banda que nos proporciona fabricante es determinada a temperatura ambiente y a baja velocidad. La resistencia de los plásticos generalmente disminuye conforme aumenta su temperatura y que la proporción de desgaste es directamente proporcional a la velocidad de funcionamiento, pero inversamente proporcional a la longitud del transportador

Por lo tanto, la resistencia de la banda se debe de ajustar según la expresión:

$$ABS = BS \text{ (resistencia de la banda)} \times T \text{ (factor de temperatura)} \times S \text{ (factor de resistencia)}$$

Factores de temperatura de materiales estándar (T)

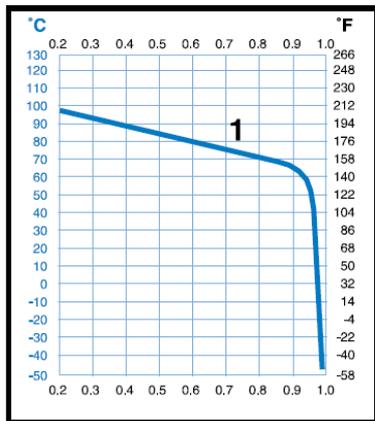


Figura 51. Gráfica de factor de temperatura.
[Anexo catalogo de banda intralox]

Factor de resistencia: este factor depende del número de dientes que tiene el engranaje y la relación velocidad/longitud del sistema. Ver Figura 52.

$$\text{Relación velocidad/longitud} = \frac{70}{3.5} = 20$$

Numero de dientes del engranaje seleccionado: 19

Factor de resistencia: 0,4

$$ABS = BS \times T \times S = \text{resistencia de la banda} * \text{factor de temperatura} * \text{factor de resistencia} = 890 \text{ kg/metro} \times 1 \text{ metro (ancho aproximado)} \times 0,94 \times 0,4 = 334,64 \text{ kg.}$$

Comparación entre fuerza de banda ajustada con resistencia permitida de la banda (ABS):

$$\text{Fuerza de banda ajustada (ABP)} = BP * SF = 12,54 \text{ kg}$$

$$\text{Resistencia permitida (ABS)} = 334,64 \text{ kg.}$$

El resultado del cálculo demuestra claramente que la banda seleccionada es suficientemente resistente para soportar todas las cargas aplicadas.

Factor de temperatura: la temperatura ambiental del trabajo más crítico se puede estimar aproximadamente 40 grado centígrado. A través de la figura 51 se puede sacar el factor de temperatura.

Factor de temperatura = 0,94.

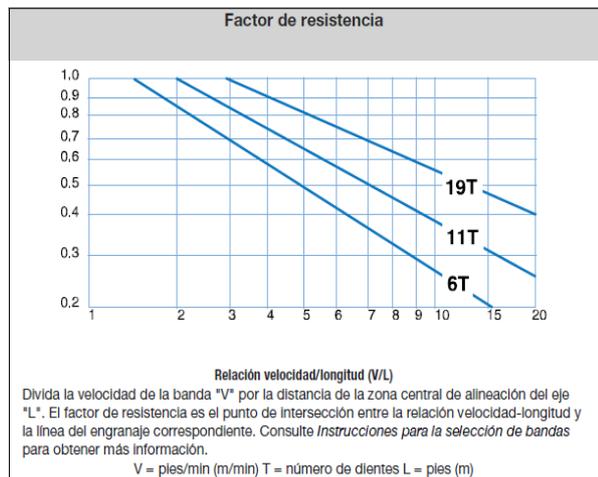


Figura 52. Gráfica de factor de resistencia.
[Anexo catalogo de banda intralox]

8.4. Selección del motorreductor (reductor + motor eléctrico)

Un motorreductor está compuesto por un reductor conectado y un motor eléctrico. No obstante, un motorreductor no utiliza un adaptador campana y acople para montar el motor, el motor es de hecho parte del reductor de velocidad. Una primera ventaja del motorreductor comparado con otra combinación motor y reductor es la longitud. Motorreductores son compactos en tamaño. [10]

Tipos de motorreductor:

- Reductores de velocidad planetario: Su composición está determinada por un engranaje central alrededor del cual giran múltiples engranajes. Estos engranajes que giran alrededor del central son conocido como satélites o planetas.
- Reductores con grupo cónico-espinal: Está compuesto por un piñón de ataque que es la entrada del movimiento, y una corona unido al eje de salida.
- Reductores de engranajes cilíndrico-helicoidales: Por su propio nombre indica que están formado por engranajes de dentados Helicoidales y los ejes pueden estar en paralelo o cruzado.
- Reductores de velocidad sin fin: Está formado por un tornillo sin fin conectado al eje de entrada y hace contacto con una corona dentada. [11]

Para desarrollar nuestra aplicación, se emplearán motorreductores de tornillo sin fin por las siguientes ventajas:

- Su gran relación de contacto permite una transmisión de carga más pesada que los demás sistemas.
- Menos ruidos y vibración.
- Tiene un alto ratio de reducción.
- Posición de montaje más cómodo en vertical para evitar acumulación de suciedad.
- Ofrece un movimiento lineal preciso.
- El mecanismo ocupa un espacio más reducido.
- Coste económico más bajo que los demás sistemas.



Figura 53. Motorreductor de tornillo sin fin SEW.

[12]

El único inconveniente que presenta husillos sin fin es el bajo rendimiento de transmisión. [13].

Cálculo del par y rpm

Para seleccionar el motorreductor, es necesario determinar la velocidad de rotación en el eje de salida y el par de torsión. Se calcula de la siguiente manera:

Velocidad angular nominal a la salida = velocidad de la banda (m/s) / radio primitivo del engranaje (m)
= 6,88 rad/s

Velocidad de giro nominal a la salida (rpm) = velocidad de la banda (m/s) / radio primitivo del engranaje (m) / (2π) x 60 (segundo)
= 32 (m/min) / 0,0775 (m) / (2π) x 60 = 65,74 rpm

Par de torsión a la salida (T) = Fuerza aplicada en los dientes de los engranajes x radio del engranaje.
= 12,54 kg x 9,81 (aceleración de gravedad) x 0,155/2 m = 9,53 Nm.

8.4.1. Factor de servicio

Del mismo modo que el factor de servicio de la banda modular, el par y la potencia de los motorreductores son determinados en condiciones normales. Por lo tanto, hay que determinar el factor de servicio a partir de la condición de funcionamiento actual.

Cálculo del factor de servicio

Según el fabricante del motor, el factor de servicio se calcula a partir del tiempo de funcionamiento diario, la frecuencia de conexión y factor de aceleración de masas permitido, a través de la Figura 54. Curva de factor de servicio FB. [Anexo manual de motorreductor SEW] :

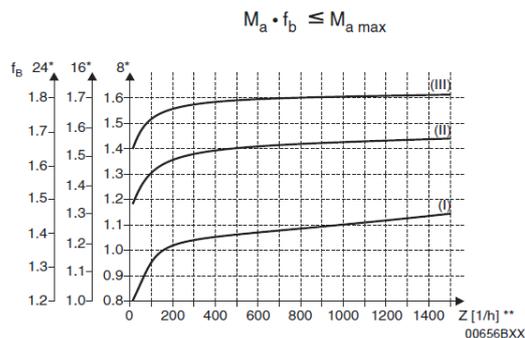


Fig. 8: Factor de servicio f_B

* Funcionamiento diario en horas/día

** Frecuencia de conexión Z: como conexiones se entienden todos los procesos de arranque y frenado, así como pasos de bajas a altas revoluciones y al contrario.

Se distinguen tres grados de impulsión:

- (I) Homogéneo, factor de aceleración de masas permitido $\leq 0,2$
- (II) No homogéneo, factor de aceleración de masas permitido ≤ 3
- (III) Extremadamente no homogéneo, factor de aceleración de masas permitido ≤ 10

Figura 54. Curva de factor de servicio FB. [Anexo manual de motorreductor SEW]

Factor de aceleración de masa

$$\text{Factor de aceleración de masas} = \frac{\text{De todos los momentos de inercia externos}}{\text{Momento de inercia en el lado del motor}}$$

En un principio, el motorreductor se equipará con un freno para mejorar el control del funcionamiento y de esta manera el factor de aceleración sería muy baja. Para ahorrar cálculos, se ha realizado una estimación sobredimensionada de este factor.

Las condiciones de funcionamiento del sistema:

- Jornadas de 16h.
 - Frecuencia de conexión aproximado <100 arranques/hora.
 - Grados de impulsión extremadamente no homogénea.
- El factor de servicio resultante es aproximado 1,65.

En los reductores de tornillo sin fin, hay que considerar dos factores adicionales:

- fB1: factor de servicio de la temperatura ambiente
- fB2: factor de servicio de la duración de conexión

los factores de servicios adicionales se determinan según el fabricante a partir de la Figura 54.

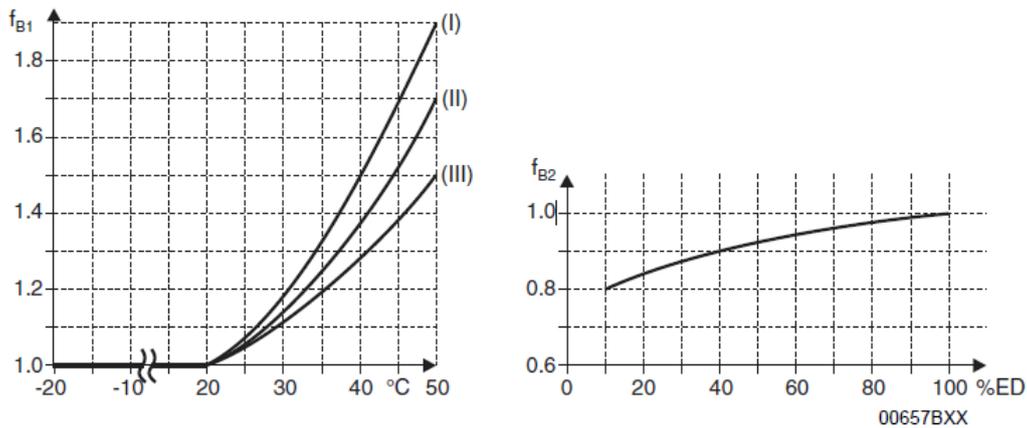


Fig. 9: Factores de servicio adicionales f_{B1} y f_{B2}

$$ED (\%) = \frac{\text{Tiempo de carga en min/h}}{60} \times 100$$

Figura 55. Curva de factor de servicio adicional f_{B1} y f_{B2} . [Anexo manual de motorreductor SEW]

El factor de temperatura (f_{B1}') para una temperatura ambiental de 40 grado centígrado y un grado de impulsión extremadamente no homogéneo = 1,3.

El factor de duración de conexión (f_{B2}') se determina a partir de la fórmula de la Figura 55. El resultado aproximado del factor con un ED al 95% es 0,98.

El factor de servicio final = $f_B \times f_{B1}' \times f_{B2}' = 1,65 \times 1,3 \times 0,98 = 2,05$.

Tendríamos que elegir un motorreductor del catálogo del fabricante SEW con un factor de servicio superior a 2,05.

Cargas radiales y axiales

Los fabricantes de los reductores establecen unos criterios para determinar la vida útil del sistema en función de las cargas máximas radiales y axiales exterior aplicada en el eje del reductor. Ver Figura 55.

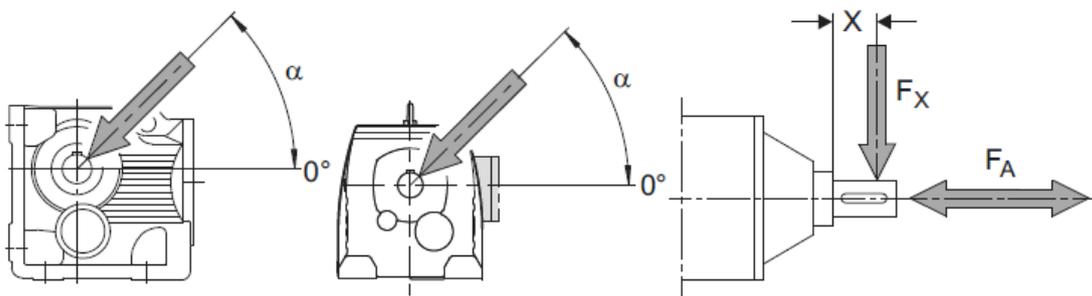


Figura 56. Direcciones de la fuerza axial y radial. [Anexo manual de motorreductor SEW]

En el presente diseño, los ejes de la banda modular está alineado con el eje de salida del reductor, de esta manera, las fuerzas radiales son absorbida por los rodamientos autoalineantes y la fuerza axial es despreciable.

Los polos del motor eléctrico

Los polos son el número de juegos de bobinados electromagnéticos de tres vías que tiene un motor. En el motor trifásico, existen 3 electroimanes separados formados por un solo juego de bobinados de tres vías. Por lo tanto, hay un conjunto de polos electromagnéticos Norte-Sur formados. [14]

La fórmula para calcular el número de par de polos es:

$$60 \times f / N = 60 \times 50(\text{Hz}) / 1400 = 2 \text{ pares de polos o } 4 \text{ polos.}$$

Donde f es la frecuencia de red y N es la velocidad de sincronización en rpm.

8.4.2. Selección del motorreductor a través del configurador del fabricante. [15]

Al determinar los parámetros principales, el siguiente paso es inicial el proceso de selección del motorreductor.

Resumen de datos calculado:

Datos para la selección del motorreductor			
N min	Velocidad de salida mínima	10,273269	rpm
N norm	Velocidad de salida nominal	65,7489213	rpm
N max	Velocidad de salida máxima	131,497843	rpm
w	Velocidad angular mínima	1,07526882	rad/s
w norm	Velocidad angular nominal	6,88172043	rad/s
w	Velocidad angular máxima	13,7634409	rad/s
P a nmin	Potencia de salida a la velocidad de salida mínima	0,01025155	KW
P max	Potencia de salida a la velocidad de salida máxima	0,13121988	KW
M	Par de salida	9,53394425	Nm
Fr	Carga radial	0	N
Fa	Carga axial	0	N
J carga	Momento de inercia a accionar		kgm ²
S	Tipo de reductor y posición de montaje	Tornillo sin fin	
Temp	Temperatura de funcionamiento	40	C
H	Altura de emplazamiento	1	m
S	Tipo de funcionamiento	S	
Z	Ciclo de carga	100	a/h
Frenc	Frecuencia de red	50	Hz
V	Tensión de servicio y motor	380	V
p	Número de polos	4	

Tabla 8. Tabla de parámetros del funcionamiento de uno de los transportadores del pulmón

El fabricante del motorreductor dispone un configurador que proporciona una lista de motores adecuado en función de los parámetros introducido.

En el primer paso, se configura los parámetros de funcionamiento más importante del motorreductor.

Driveconfigurator SA37DR2S63MS4 Opciones del usuario

Selección de productos 1 Búsqueda > 2 Variantes > 3 Opciones > 4 Resumen **Siguiente**

Búsqueda

Designación del tipo requerido: Ninguna búsqueda

Diseño del reductor: S = reductor de tornillo sin fin

Tipo motor: Motor DR.. AC

País de uso: Europa / Otros países (IEC 50Hz)

Potencia del motor P [kW] / Par Ma [Nm]: 0,13 ± / ±

Velocidad de salida na [1/min] / Índice de reducción i: 131,5 ± / ±

Factor de servicio FB: 2,05 ±

Clase con eficiencia internacional (IE): IE1 - Eficiencia estándar

Nº de polos: 4 polos

Factor de duración: S1-100%

Operación de convertidor de frecuencia

Velocidades de salida bajas especiales:

Resultados de la búsqueda

Denominación	Clase eficiente	P [kW]	na [1/min]	Ma [Nm]	i	FB	na2 [1/min]	Factor con duración cíclica
S37DR2S63MS4	IE1	0,18	130	11	10,23	4	1330	S1-100%
S37DR63M4	-	0,18	129	12	10,23	4	1320	S1-100%
S37DR2S63MS4	IE1	0,18	122	12	10,91	3,8	1330	S1-100%
S37DR63M4	-	0,18	121	13	10,91	3,8	1320	S1-100%
S37DR2S63MS4	IE1	0,18	107	14	12,48	3,4	1330	S1-100%
S37DR63M4	-	0,18	106	14	12,48	3,4	1320	S1-100%
S37DR63M4	-	0,18	146	11	9,02	4,4	1320	S1-100%
S37DR2S63MS4	IE1	0,18	147	10	9,02	4,4	1330	S1-100%

Nº de líneas: 10

Figura 57. Ventana inicial del configurador del motorreductor [16]

El motorreductor seleccionado tiene la siguiente característica: 0.18kw 147 rpm 10 Nm 4,4 FB.

Después, se configura las características de diseño del motorreductor como: el tipo de integración, posición de montaje, posición de caja, etc.

Volver 1 Búsqueda > 2 Variantes > 3 Opciones > 4 Resumen

Opciones de diseño

Posición de montaje: M2

ángulo de pivote: Sin ángulo pivotante

Tipo integrado: SA.. Eje hueco

Eje hueco: 20 mm

Posición del eje: A

Brazo de par: T- Brazo de par para ejecución montaje flotante

Posición del brazo de par: 315°

Posición de conexión/caja de bornas: 0°

Entrada de cable/ Posición del conector: X

Posición del brazo de par: 45°, 90°, 135°, 0°, 315°, 270°

Figura 58. Configurador del motorreductor ventana de opciones de diseño [16]

Para finalizar, es importante que el lubricante del reductor sea tipo alimentario, debido a que el campo de aplicación del sector es alimentario. Además, para controlar el funcionamiento del transportador hay que añadir un sistema de frenado.

Opciones	Descripción	Opciones seleccionadas
General	CLP: aceite mineral	Opciones
▶ Pintura imprimación/CapaFinal	CLP PG: poliglicol (reductores W de conformidad con USDA-H1)	Aislamiento térmico 155(F)
▶ Protección anticorrosiva y para la superficie	CLP HC: hidrocarburos sintéticos	Freno BE03- SEW - freno de disco (230 V, 3,4 Nm)
Opciones del motor	E: aceite éster (clase de contaminación del agua WGK 1)	Protección anticorrosión
▶ Tensión del motor	HCE: hidrocarburos sintéticos + aceite éster (autorización USDA-H1)	Protección de la superficie OS3 (contaminación ambiental alta)
▶ Tensión de alcance múltiple	HLP: aceite hidráulico	CLP HC-460-NSF-H1 (-15 / +40 °C): 0,4 Litro
▶ Freno		T- Brazo de par para ejecución montaje flotante
▶ Aislamiento térmico		Control del freno BG - Rectificador simple
▶ Grado de protección		Color: 3000 Rojo llama (55330000)
▶ Sensor de temperatura		
▶ Conector		
▶ Encoder		
▶ Ventilación		
▶ Otras opciones de motor		
▶ MOVI-SWITCH®		
Opciones 1er reductor		
▶ Eje		
▶ Caperuza de seguridad		
▶ Lubricante		
▶ Retén de aceite		
▶ Unión aseguramiento		
▶ Válvula de salida de gases		

Figura 59. Configurador del motorreductor opciones adicionales [16]

8.5. Dimensionado y estudio de resistencia del eje motriz

El eje motriz debe ser resistente para transmitir el par motor y resistir las fuerzas de flexión y torsión originadas por la resistencia de la banda. Su dimensión depende del asiento de los piñones y del diámetro interior del eje de salida de la reductora. En el caso de que el resultado del cálculo demostrara un factor de seguridad bajo, tendríamos que seleccionar de nuevo los piñones o reductores con una dimensión superior para sobredimensionar el eje.

Dimensionado del eje

El eje tiene una sección principal cuadrada de 40mm, a partir de la cual se define una reducción de secciones transversales con geometría circular para el apoyo de las chumaceras. Los dos extremos de apoyo se definen en función del asiento del rodamiento autoalineante con 25mm y la sección para acople con el motor definida en 20mm.

Análisis estático

El análisis estático del eje conductor se realizará con el simulador del SolidWorks. Aunque se sabe que no fallaría a carga estática ya que la carga sometida es relativamente baja, sin embargo, es necesaria asegurar también que la deflexión máxima en el eje no supere los 2.5 mm según el fabricante INTRALOX.

Para la simulación, se tomaría el material de fabricación del eje en acero inoxidable 304 y el valor de la carga aplicadas de 12.5 kg calculada en el apartado 8,3. Sin embargo, el peso del motorreductor no se tendrá en cuenta debido a que estaría suspendida en el chasis.

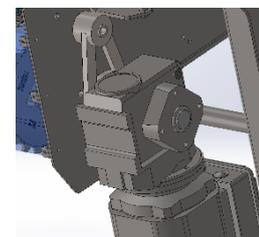


Figura 60. Eje lado motor

Resultado del análisis estático:

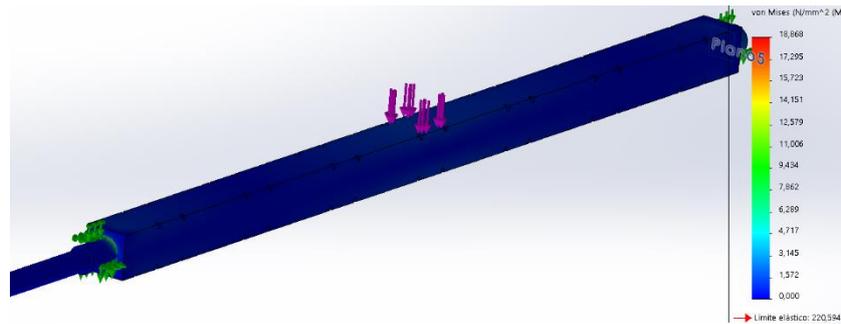


Figura 61 Tensión Von Mises

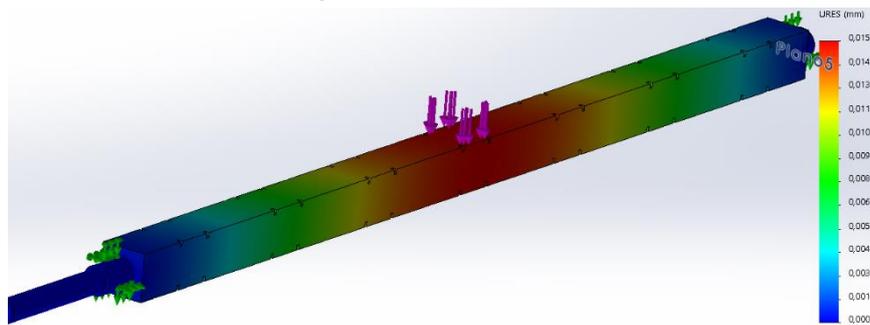


Figura 62 Desplazamiento

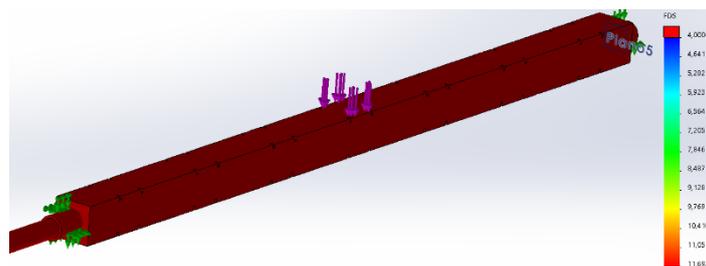


Figura 63 Factor de seguridad

El resultado del análisis de tensión de Von Mises (Figura 61 Tensión Von Mises) se muestra que la tensión máxima se encuentra en el cambio de sección y tiene un valor de 18,86 MPa. Comparando con el límite elástico del acero inoxidable 304, el material es adecuado para soportar mayores esfuerzos.

Por el otro lado, de acuerdo con los datos obtenidos en la simulación, el desplazamiento máximo del eje es 0,015 mm, que cumple y está muy por debajo del valor de seguridad establecido (2,5mm) por el fabricante Intralox.

Por último, el factor de seguridad resultante es considerablemente alto, debido a que la carga aplicada es relativamente baja.

8.6. Selección de cojinetes autoalineantes

El empleo del cojinete autoalineante desempeña un papel importante en el funcionamiento del sistema. Este tipo de cojinete admite desviación de eje e impide el desplazamiento axial que permite reducir problemas de engrane de los engranajes con la banda. [17]

Para la selección del cojinete, se decide trabajar con el fabricante IGUS. Sus cojinetes cuentan con una bola esférica hecha de un material con un coeficiente de fricción muy bajo con un funcionamiento en seco, la cual nos permite cumplir las especificaciones de higiene en industria alimentaria. [18]

El inconveniente de este tipo de cojinete es su baja capacidad de carga en comparación con un rodamiento de bola normal, pero en presente situación no habría problema ya que la carga es muy pequeña.

Para seleccionar el cojinete adecuado, se tomará la carga como el par máximo generado del eje de salida del motorreductor que produce unas reacciones en los apoyos del eje, más la masa del propio eje.

Fuerza aplicada al eje = 125 N.

Masa del eje = 1,461 kg x 9,81 (gravedad) = 14,33N

Las reacciones de cada apoyo de media = $(125+14,33) / 2 = 69.66$ N

El fabricante del cojinete proporciona una herramienta de selección rápida para encontrar el modelo más adecuado. Además, se permite determinar vida del cojinete inmediata.

Los pasos que seguir son:

Paso 1: seleccionar el tipo cojinete.

Figura 64. Ventana de configuración del cojinete inicial. [18]

Paso 2: introducir las condiciones de funcionamiento real y las cargas aplicadas.

Los parámetros que hay que introducir son:

- Cargas dinámicas: 70 N determinado en el punto anterior.
- Temperatura de funcionamiento máximo: 40 C
- Jornada de 16h, aunque lo normal sea de 8h.
- Material de la bola esférica: Aluminio, anodizado duro.
- Tolerancias radiales: 0,5 mm

igubal® expert system

1 Article group & Design 2 Load & Movement 3 Results & Orders

12 suitable articles

1. Select suitable igubal® articles Price per unit for a batch size of 1

Article number	iglidur® spherical ball material	Service life [h]	Dimensional series	Variant	Unit price	Delivery time	Action
<input type="radio"/> EFOM-25 J	J	32.028	E	Two-hole	☒ ☒ ☒	☒	Select ▼
<input checked="" type="radio"/> EFSM-25 J	J	32.028	E	Four-hole	☒ ☒ ☒	☒	Select ▼
<input type="radio"/> PF205-JEM-25-15-SP	J	23.946	P	3-hole, housing: Metal sheet, galvanised steel	☒ ☒ ☒	☒	Select ▼
<input type="radio"/> PFL205-JEM-25-15-SP	J	23.946	P	3-hole, housing: Metal sheet, galvanised steel	9.07 EUR ☒ ☒	☒	Select ▼
<input type="radio"/> EFOM-25	W300	15.056	E	Two-hole	14.23 EUR ☒ ☒	☒	Select ▼
<input type="radio"/> EFSM-25	W300	15.056	E	Four-hole	15.64 EUR ☒ ☒	☒	Select ▼

Show unsuitable articles

2. Enter required quantity

Technical details about the selected article

Load p	0.14 MPa
Speed v	0.22 m/s
p x v value	0.03 m/s ² /MPa
Wear rate	0.03 µm/km
Running performance	16601.05 km
Service-life	32.028 h

Quantity: 0 Pieces Update prices

Unit price: 0.00 EUR

Total price: 0.00 EUR

All prices plus VAT

Back Measuring system: metric imperial Activities

Ordering / Enquiry Transfer to shopping cart

Figura 65. Ventana de configuración del cojinete del paso 2 [19]

igubal® expert system

1 Article group & Design 2 Load & Movement 3 Results & Orders

Load & environment

Max. force that will occur: 70 N

Max. operating temperature: 40 °C

Contact with water: No

Motion

Motion type: Rotary Oscillatory

Rotation/pivoting frequency: 165 1/min

Daily operating time: 16 h

Shaft material & wear limit

Shaft material	Material no.	Surface	Roughness	Hardness	Thermally conductive
<input type="radio"/> CF53 (Hardened & Ground Steel)	1.1213	hardened/ground	0,15-0,3	60+4 HRC	48
<input type="radio"/> X105/ X80 (high-grade steel hard)	1.4125/1.4112	hardened/ground	0,15-0,3	52+8 HRC	16
<input type="radio"/> 304 Stainless Steel	1.4301	drawn, polished	0,3-0,6	33 HRC	16
<input checked="" type="radio"/> Aluminum, Hard Anodised	EN AW 6061/6060	hard-anodized	<0,6	450-550 HV	210
<input type="radio"/> Hard Chromed CF53 Steel	1.1213 HV	hard chrome-plated	0,15-0,3	60+4 HRC	48

Please enter the maximum permissible wear in your application.

Radial clearance: 0.5 mm

Back Measuring system: metric imperial Activities Continue

Figura 66. Ventana que muestra posibles modelos de cojinetes válidos [19]

El cojinete seleccionado tiene una vida útil de 32028 horas con 4 agujeros de fijación. Por el otro lado, el tiempo de sustitución se calcularía como la siguiente:

$$\text{Vida / h por jornada / días laborales del año} = 32028 / 16 / 252 = 7,94 \text{ años}$$

Los cojinetes tendrían que ser sustituido cada 5 años por seguridad.

8.7. Diseño del recorrido de la banda modular

Según la directriz de diseño del fabricante, la medida de flexión catenaria entre cada conjunto de rodillos de retorno en transportadores más largos, o entre los engranajes motrices y conducidos en transportadores cortos debe encontrarse entre 25,4 mm y 102 mm, y los rodillos de retornos deben tener una separación de entre 1219 mm y 1524 mm. Con el fin de conseguir un buen enganche del engranaje.

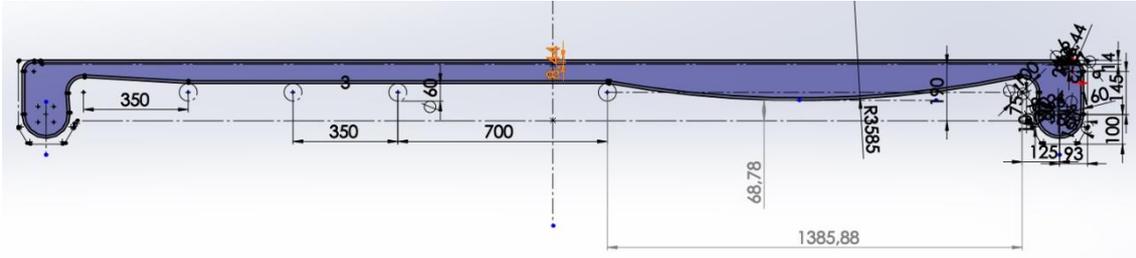


Figura 67. Dimensionado de la banda modular.

8.8. Diseño de la separación de la placa inactiva

Los dos extremos del transportador necesitan una separación en los puntos de transferencia entre una banda sin placas de transferencia de uñeta y una placa inactiva. Esta separación entre superficies permite la acción poliédrica de la banda. Cuando la banda se acopla a los engranajes, la acción poliédrica hace que los módulos pasen con una separación variables respecto a un punto fijo (la punta de la placa inactiva).

La separación mínima según el fabricante está clasificada en función del diámetro de paso del engranaje. En el presente caso, se debe de interpretar el diámetro del rodillo como diámetro de paso.

En el presente diseño se ha empleado un rodillo de 60 mm de diámetro, la cual la separación mínima estaría sobre 3,4 mm.

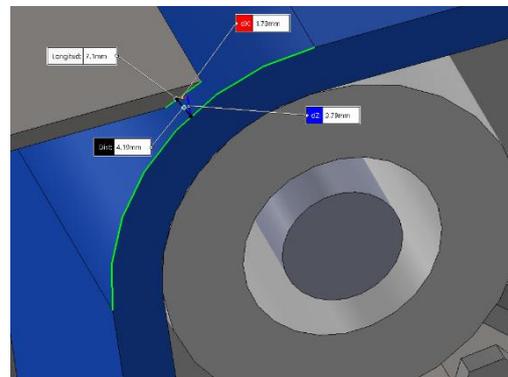


Figura 68. Distancia mínima de la separación de la placa

Descripción del engranaje		Separación		
Diámetro de paso		No. dientes	pulg.	mm
	mm			
	51	6	0,134	3,4
	89	11	0,073	1,9
	155	19	0,041	1,0

Tabla 9. Recomendación del fabricante sobre la separación de la placa inactiva.
[Anexo de catálogo de banda Intralox]

8.9. Diseño de las guías

La función principal de las guías laterales es posicionar el material de transporte en el transportador o introducción y expulsión de los productos.

Las guías están dimensionadas a partir de las medidas del modelo de simulación inicial y son corregida en el ensamblaje para adaptar a las condiciones del diseño final. Se pueden dividir principalmente en tres partes: guías fijas de varilla de acero inoxidable, guía de acetal y guías controlada por motor eléctrico.

Guía de acetal en forma de túnel

En la simulación se había planteado dos guías separado entre sí para que pasara una sola fila de envase con el fin de solucionar el problema de vaciado.

Para llevar a cabo este planteamiento, se ha diseñado una guía túnel fabricado en acetal para conseguir rigidez y al mismo tiempo bajo coeficiente de fricción, luego este es fijado en el chasis por dos chapas de 4 mm de espesor. De esta manera, se consigue minimizar elementos de unión y facilitar la limpieza de los componentes.

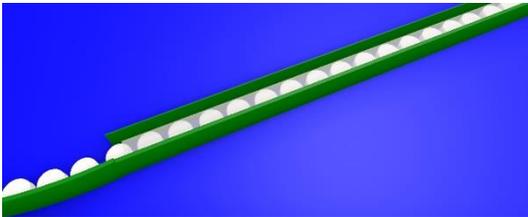


Figura 69. Guía túnel del modelo de simulación

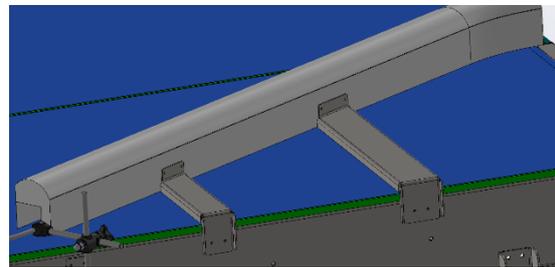


Figura 70. Guía túnel diseñado.

Guía lateral fija

La guía lateral fija está formada por una varilla inoxidable AISI 304 y está abrazado por varios soportes con posibilidad de regulación de alturas y posición.

Por el otro lado, la combinación entre varilla y pinza de sujeción permite montar y desmontar fácilmente para realizar limpiezas o mantenimiento del sistema.

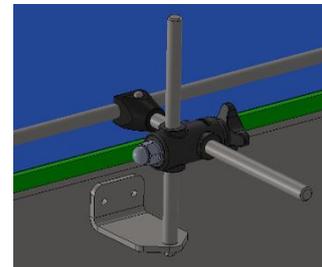


Figura 71. Guía de inoxidable con el soporte

Guías automatizadas

Por lo general, el actuador que se puede emplear para automatizar un proceso automatizado puede ser hidráulico, neumático y eléctricos. Siendo la más empleada los eléctricos por varias ventajas:

- No requiere mantenimiento
- Alta precisión de trabajo
- No requiere equipos de suministro de energía como liquido o gas

Por lo tanto, para automatizar los dos sistemas que controla el vaciado del pulmón se emplearía motores eléctricos. Dentro de los tipos de motores que hay, la más adecuada es el motor paso a paso por su nivel de precisión y la repetitividad en cuanto al posicionamiento.

Guía central automatizada

La guía central está compuesta por un motor paso a paso de 5,9 Nm suspendida en una estructura rígida y este está anclada en los dos lados del pulmón, y además lleva una guía acoplada con el eje del motor mediante un acoplamiento de mordaza.



Figura 72 [Anexo acoplamiento mordaza]

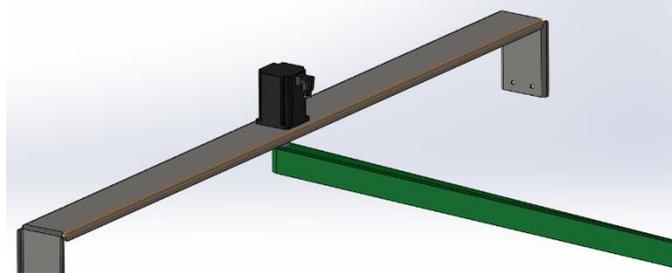


Figura 73. Guía central motorizada

Motor paso a paso

La característica del motor paso a paso seleccionado: MOT-AN-S-060-059-086-M-D-AAAA

Es un motor paso a paso de 60 voltio de corriente continua y un par motor de 5,2 Nm que más que suficiente para soportar la fuerza ejercida por los envases acumulado en el pulmón. Tiene una dimensión de 86 mm de lado (NEMA 34), conexión métrica, con encoder y freno estándar.

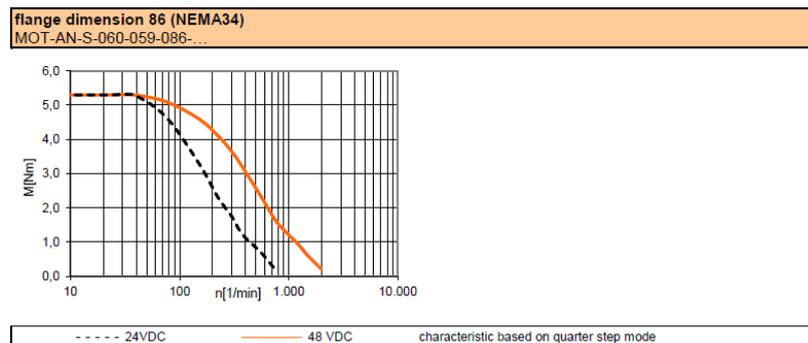


Figura 74. Curva de par del motor paso a paso [Anexo motor paso a paso IGUS]

Guía de curva de 30º

Este mecanismo está formado por una varilla que es accionado por el motor paso a paso para cambiar de posición y en condiciones normales están alojado en el soporte sin presión. Todo este conjunto está fijado rígidamente en dos chapas de 4 mm de espesor en el chasis.

El motor paso a paso seleccionado es MOT-AN-S-060-059-056-M-D-AAAA que es más pequeño que el anterior con un par de 3,5 Nm y 56 mm de lado.

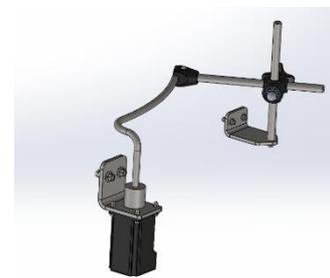


Figura 75. Guía de curva de 30º

8.10. Diseño y estudio del chasis de transportador

El pulmón diseñado está formado por dos tramos de transportador unido entre sí y totalmente asimétrico. Cada tramo está constituido por dos perfiles de chapa de 3 mm de espesor con dos plegados longitudinales para evitar pandeo, y ambos están unido entre sí por refuerzos, soportes de guía deslizante y tapas laterales. Por lo tanto, los perfiles laterales son el chasis del pulmón y debe de soportar todas las cargas suspendida en este. Para asegurar la resistencia del perfil diseñado, se va a realizar un estudio a estático con SolidWorks.

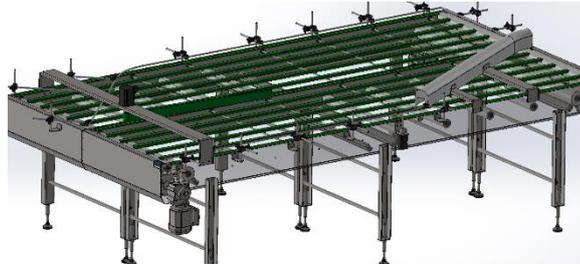


Figura 76. Visualización del diseño del pulmón

Análisis estático con SolidWorks

Antes de comenzar el estudio, se habría que determinar la carga a la que estaría sometida el perfil y el SolidWorks permite realizar este cálculo.

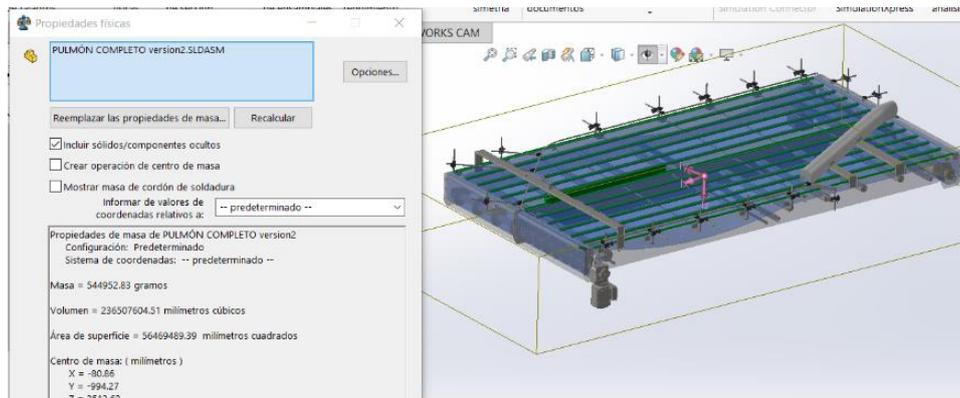


Figura 77. Masa total del pulmón.

Las principales cargas son: el peso total del pulmón y de los productos. En la figura anterior muestra la masa total del pulmón con un valor 544,952 kg. Esta masa mostrada es el resultado de la suma de todos los componentes que hay en el ensamblaje.

Sin embargo, la carga del producto es variable y depende del estado de funcionamiento. En condiciones normales, el peso de los envases es despreciable puesto que cada envase pesa 80 gramo. No obstante, cuando el pulmón se llena más de 1000 envases son 80 kg.

De todo modo, aunque no es muy frecuente el llenado total del pulmón, se va a estimar una carga media de 50 kg de producto y obteniendo una sumatorio de 600 kg. Después, esta carga se reparte en partes proporcionales que corresponde 216 kg para cada perfil.

Por otra parte, es importante determinar correctamente los puntos de aplicación de la carga y aplicar de manera independiente la carga producida por el peso del motorreductor y del

eje. El peso de los dos componentes se puede determinar a partir de la ficha técnica (Anexo especificación motorreductor elegido).

Resultado de tensión Von Mises

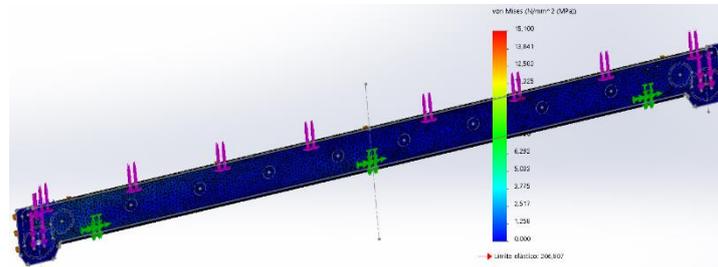


Figura 78. Tensión Von mises del perfil

Resultado de desplazamientos máximo

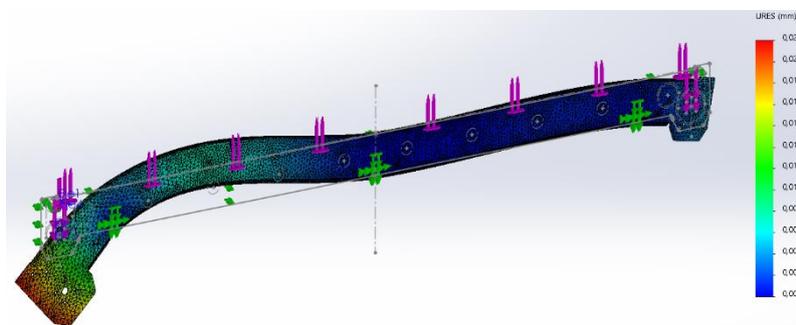


Figura 79. Desplazamiento maximo del perfil

Factor de seguridad

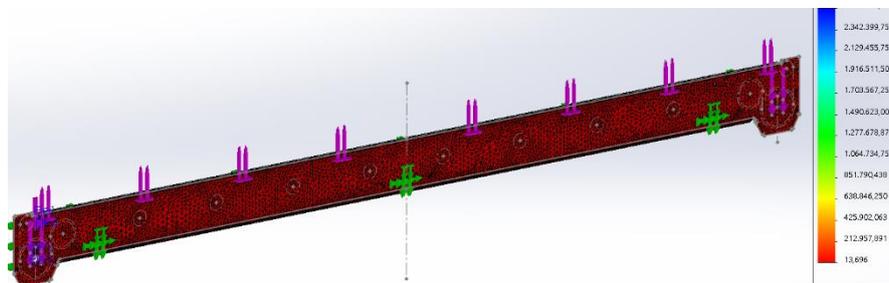


Figura 80. Factor de seguridad del perfil

Von Mises

El resultado obtenido del estudio de resistencia ha sido bastante favorable con un valor de Von Mises máximo de 15 Mpa, y si se compara con el límite elástico del acero inoxidable, el material es capaz de soportar mayores esfuerzos a los presentes en la simulación con un factor de seguridad muy elevado.

Desplazamientos

La simulación muestra que el mayor desplazamiento se ha producido en el lado eje conductor debido al peso del motorreductor con un valor de 0,023 mm. Este desplazamiento obtenido se puede considerar despreciable ya que los cojinetes autoalineantes pueden corregir desalineación del eje provocado por deformación del perfil.

8.11. Pata soporte

La pata soporte es el elemento estructural que soporta el peso del pulmón, es decir, la calculada en el apartado anterior. Además, se debe proporcionar estabilidad absorbiendo vibraciones producida durante el funcionamiento.

En primer lugar, este elemento estructural está compuesto por: cuerpo de perfil abierto, varillas de refuerzo lateral y pie de nivelación.

Cabe señalarse que el cuerpo del soporte debe ser de perfil abierto para cumplir el criterio de diseño limpio, que a su vez es más económico. Sin embargo, la carga máxima permitida es ligeramente inferior que los soportes estándar cuadrado o cilíndrico. Y por esta razón, se ha realizado un estudio de estática para verificar la carga máxima del diseño con el fin de determinar el número de soporte necesario.



Figura 81. Pata soporte.

Sin embargo, el pie de nivelación según el fabricante tiene una capacidad de 5000N de carga de compresión que es considerablemente más resistente que el cuerpo.

Análisis estático del cuerpo de soporte.

La metodología empleada para encontrar un perfil válido es estudiar algunos perfiles empleados en algunas instalaciones actuales y realizando prueba y comparación sometiendo a una carga de 1000 N.

Resultado óptimo:

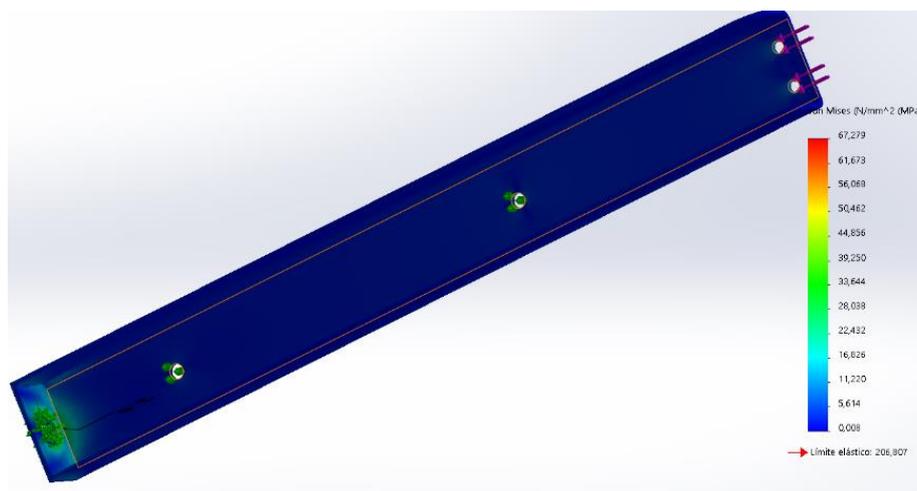


Figura 82 Tension Von Mises

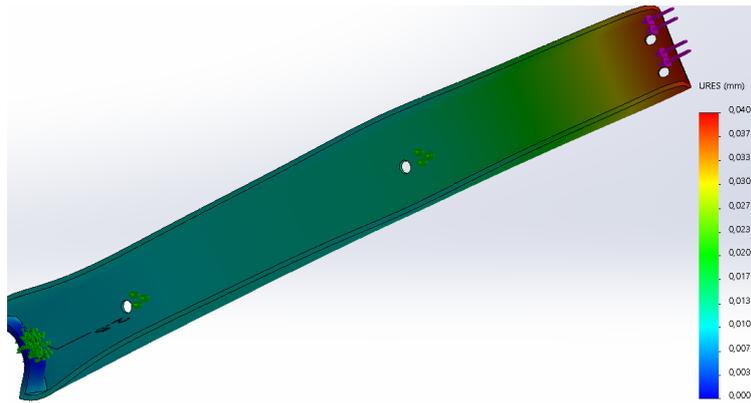


Figura 83. Desplazamiento

El diseño con mejor resultado de los analizado muestra un esfuerzo máximo de 67 Mpa y si se compara con el límite elástico de material, este es capaz de soportar la carga con un factor de seguridad mayor de 3.

De esta manera, para soportar una carga de 600kg o 5886 N es suficiente con 6 patas. En todo caso, para evitar deflexión transversal, conseguir una distribución uniforme de las posiciones de pata soporte y mayorar la seguridad del conjunto se ha decidido aumentar al doble el número de patas, es decir, 12 patas.

9. Visión del montaje del conjunto

A continuación, se presenta algunos aspectos del montaje de todos los elementos:

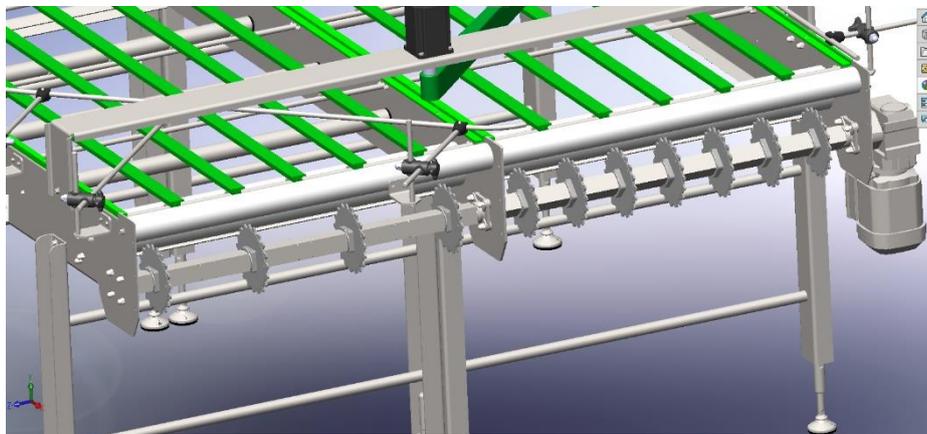


Figura 84 Eje conductor y eje conducida

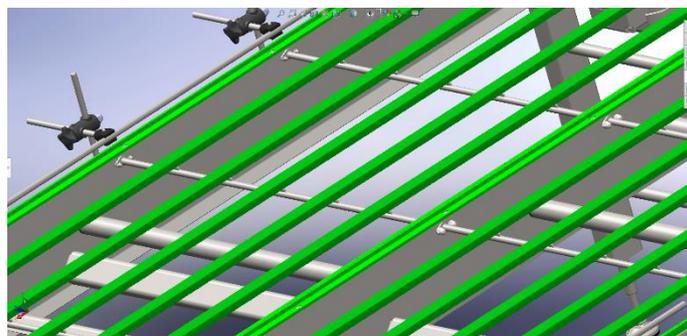


Figura 85. Conjunto guías de soporte de la banda.

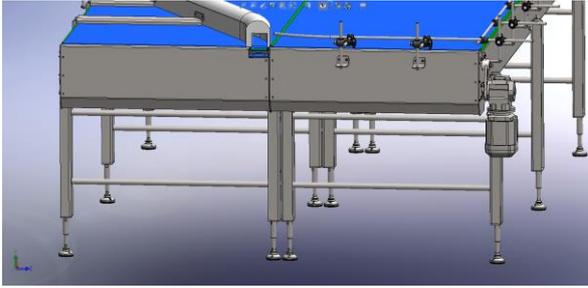


Figura 87. Conjunto lado salida del pulmón

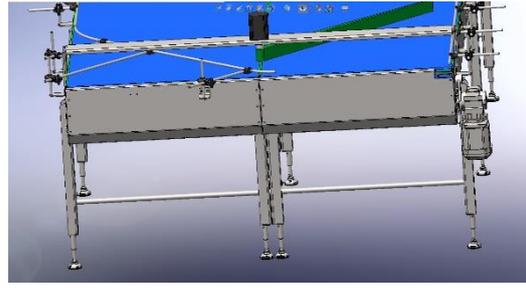


Figura 86. Conjunto lado entrada del pulmón.

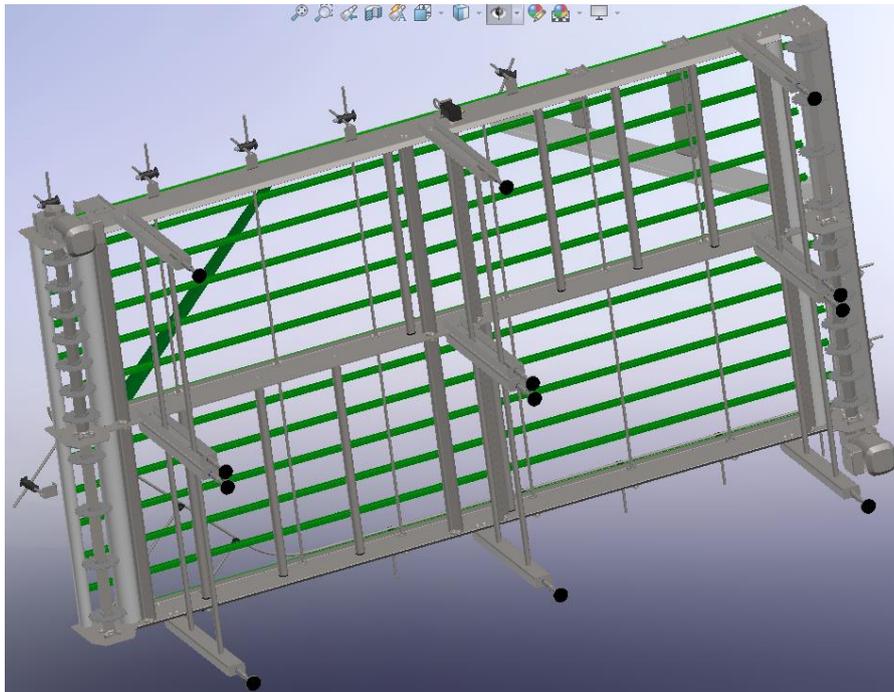


Figura 88. Vista de la parte inferior del equipo.

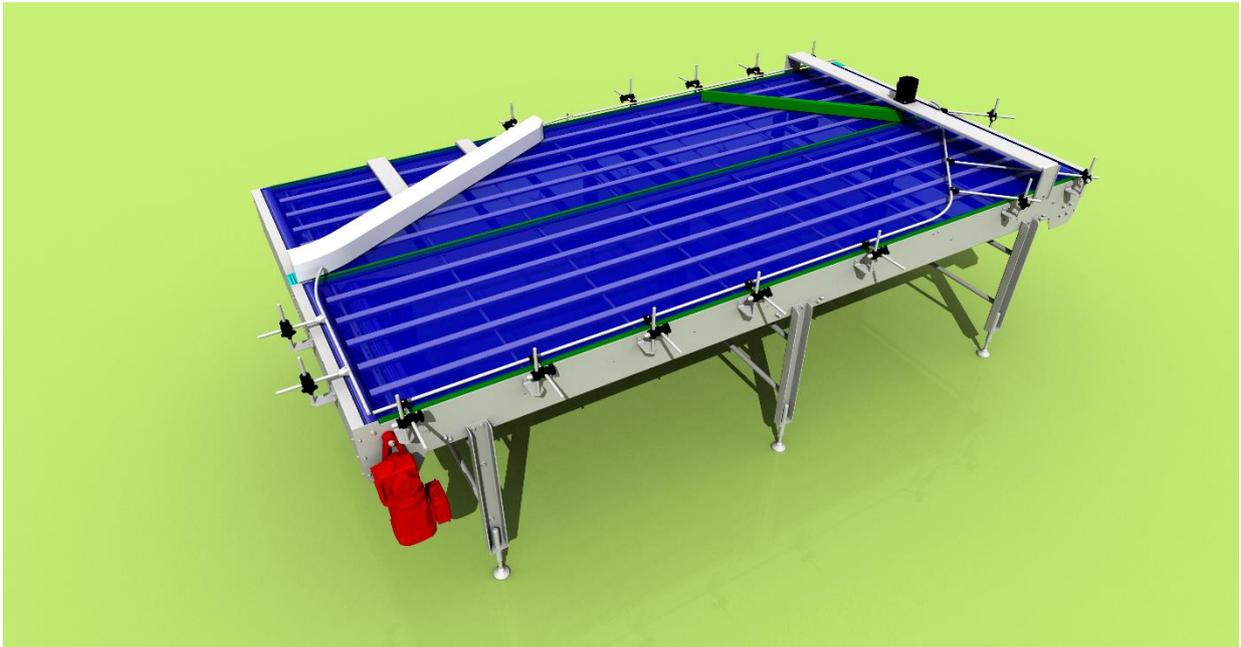


Figura 89. Vista en perspectiva y renderizada de la mesa de acumulación diseñado.

Una de las ventajas que tiene este diseño es la facilidad de montaje y desmontaje de todo el conjunto, y además los elementos de unión son todas reutilizable inoxidable e higiénico. Básicamente al desmontar la banda modular se consigue acceso a cualquier parte del equipo para efectuar limpieza o mantenimiento.

10. Evaluación económica:

En este apartado se va a mostrar los costes de fabricación de todos los elementos constituyente y el montaje de este. Se puede clasificar los componentes básicamente en varios grupos:

- Componentes de chapa metálica en inoxidable AISI 304: son aquellas piezas diseñada en chapa y están valorada por unidad de masa, incluyendo el coste de corte por láser y el doblado de este. Este método de valoración es una estimación indirecta ya que la materia prima se compra en plancha con una medida determinada y puede generar desperdicios.
- Componentes mecanizados de AISI 304: incluye el mecanizado de ejes o plásticos como acetal y polietileno.
- Componentes existentes en el mercado como soporte, pie de diseño limpio, motores, etc.
- Elementos estándar de unión como tornillos y tuercas.
- Dispositivos electrónicos de control de seguridad.

Por el otro lado, el precio de referencia de los materiales es estimado y obtenido de la siguiente manera:

- El precio de los tornillos y tuercas inoxidables son obtenida a través de una tienda online de tornillerías. [20]
- El precio de la plancha de chapa de 3 mm de espesor está sobre 8,07€/kg y sumando el coste de cortado por láser y plegado puede estar sobre 10€/kg ya que el corte por láser es más caro. [21]
- El precio del motorreductor es estimado a partir de otro modelo parecido con una potencia superior: 542€ [22]
- El precio de motor paso a paso, cojinetes autoalineantes y acoplamiento es ofertado por el propio fabricante, por lo tanto, es la real.
- El precio de referencia de banda modular, guía y otros accesorios son obtenido a través de la plataforma de venta online “alibaba”. [23]
- El precio de los piñones y el eje el obtenido por la información proporcionada por un fabricante conocido.
- El precio de barras redonda empleada para fabricar ejes y soportes es obtenida a través de una venta online que posteriormente se le añade el coste de mecanizado de forma aproximada. [24]

En la tabla siguiente muestra el coste de fabricación del conjunto.

Presupuesto del coste material de la mesa de acumulación

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Peso/longitud/unidad	Precio unidad/metro/kg	COSTE RESULTANTE
1	PERFIL LATERAL DERECHO	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1	21	10,00 €	169,47 €
2	CONJUNTO EJE MOTRIZ	SUBENSAMBLAJE	2	1	913,99 €	1.827,98 €
3	CONJUNTO EJE RETORNO	SUBENSAMBLAJE	2	1	252,72 €	505,44 €
4	PERFIL CENTRAL	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	2	21	10,00 €	338,94 €
5	PERFIL LATERAL IZQUIERDO	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1	21	10,00 €	169,47 €
6	CONJUNTO RODILLOS DOBLE PEQUEÑO	SUBENSAMBLAJE	2	1	102,12 €	204,24 €
7	CONJUNTO RODILLOS DOBLES	SUBENSAMBLAJE	2	1	182,12 €	364,24 €
8	Conjunto rodillo libre	SUBENSAMBLAJE	8	1	60,60 €	484,80 €
9	GUIA DELIZANTE LATERAL CON TORNILLOS DE SUJECIÓN	SUBENSAMBLAJE	4	1	22,80 €	91,20 €
10	BANDA MODULAR	SERIE 100 FLUSH GRID	2	7,5	50,00 €	750,00 €
11	CONJUNTO GUIA CENTRAL MOTORIZADA	SUBENSAMBLAJE	1	1	487,81 €	487,81 €
12	TUNEL	MECANIZADO ACETAL	1	1	80,00 €	80,00 €
13	SOPORTE DEL TUNEL	CHAPA METÁLICA AISI 304 4mm	1	1,1	10,00 €	8,86 €
14	SOPORTE2 DEL TUNEL	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1	2,4	10,00 €	19,37 €
15	VARILLA2 + SOPORTE	SUBENSAMBLAJE	1	1	16,12 €	16,12 €
16	SOPORTE + GUÍA EN T	SUBENSAMBLAJE	1	1	493,00 €	493,00 €
17	REFUERZOS DE LA ESTRUCTURA	CHAPA METÁLICA AISI 304 5mm	8	3,7	10,00 €	222,00 €
18	GUIAS + SOPORTE	SUBENSAMBLAJE	1	1	32,66 €	32,66 €
19	DOBLE PATAS	SUBENSAMBLAJE	3	1	134,52 €	403,56 €
20	PATA CON REFUERZO	SUBENSAMBLAJE	3	1	244,72 €	734,16 €
21	GUIA + MOTOR	SUBENSAMBLAJE	1	1	138,63 €	138,63 €
22	CONJUNTO TAPA RESGUARDO DELANTERO	SUBENSAMBLAJE	1	1	146,03 €	146,03 €

23	CONJUNTO TAPA RESGUARDO TRASERO	SUBENSAMBLAJE	1	1	146,45 €	146,45 €
24	SOPORTE + GUIA 3	SUBENSAMBLAJE	1	1	97,51 €	97,51 €
25	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 12 --12N		2	1	0,90 €	0,60 €
26	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 --16N		2	1	0,90 €	0,60 €
27	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 10 --10N		6	1	0,90 €	1,80 €
28	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 16 --16N		16	1	0,90 €	4,80 €
29	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 20 --20N		8	1	0,90 €	2,40 €
30	DIN 1587 - M5 --NNU		14	1	0,50 €	2,80 €
31	DIN 1587 - M8 --NNU		24	1	0,50 €	4,80 €
32	B18.6.7M - M5 X 0.8 X 30 INDENTED HHMS --30N		4	1	0,90 €	0,72 €
Dispositivos de control y seguridad	LOTO o interruptor de seguridad	Eaton	2	1	30,49 €	60,98 €
	PLC de control	Siemens	1	1	110,00 €	110,00 €
	PLC de seguridad	Siemens	1	1	530,00 €	530,00 €
	Variadores de frecuencia	Siemens	2	1	100,00 €	200,00 €
	Fotocélula Emisor receptor	Clemsa F25	3	1	53,00 €	159,00 €
					Total:	9.576,95 €

Tabla 10. Tabla presupuesto del material del conjunto del equipo

Nota: el coste desglosado de cada subensamblaje se encuentra en el anexo presupuesto.

El coste del montaje del conjunto:

Coste de mano de obra			
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO COSTE	Total
Horas mecánicas	35	25,00 €	875,00 €
Horas electricistas	1	25,00 €	25,00 €
		Total:	900,00 €

Tabla 11. Tabla del coste de mano de obra necesaria para realizar el montaje

El coste del montaje del conjunto es valorado por el fabricante IRISTEC MACHINERY S.L. ubicado en Alguaza de Murcia. Según el fabricante, se necesita un operario para realizar todo el montaje mecánico con un tiempo estimado de 35 horas, y un electricista para realizar la instalación eléctrica con un tiempo estimado de 1 hora.

Coste total y precio de venta:

Total coste material	9.576,95 €
Total coste mano de obra	900,00 €
Total presupuesto neto	10.476,95 €
IVA 21%	2.200,16 €
Total presupuesto	12.677.11€

Tabla 12. Coste final del equipo.

En la tabla anterior muestra el resultado del valor económico final del equipo con un coste total de 12.677.11 euros. Este precio obtenido se añade posteriormente el coste de administrativo y un 25% adicional de ganancia para obtener el precio final de venta:

$$12.677.11 + 2\% \text{ coste administrativo} + 25\% \text{ ganancia} = \mathbf{16099.91 \text{ euros.}}$$

Para comprobar la veracidad o la precisión del precio de venta calculado es tan fácil como averiguar el precio de venta de un transportador de banda inoxidable normal y corriente en el mercado ya que el pulmón está básicamente formado por dos transportadores.

A través de la plataforma de venta online "alibaba" y consultando a un fabricante de maquinaria, se ha obtenido un valor estimado de 4000 euros para una anchura de 900mm y 2500mm de largo. Con lo cual, es razonable el precio calculado debido a que la dimensión es ligeramente mayor

11. Evaluación del nivel de riesgo: Metodología HRN [25]

La metodología HRN (Hazard Rating Number) se utiliza para cuantificar y graduar el nivel de riesgo, en este caso, en una máquina. Este método clasifica un riesgo para tener la noción de si éste es aceptable o no. El método HRN tiene una gran eficacia, pues, a partir de un riesgo identificado, relacionado al peligro considerado, se tiene una función de la gravedad del daño con la probabilidad de ocurrencia de este mismo daño para un determinado número de trabajadores expuestos. El peligro impuesto por algunos riesgos se puede aumentar con:

- La posibilidad de que sucesos peligrosos ocurran.
- La frecuencia de exposición al riesgo.
- Posibles consecuencias del evento.
- Número de personas expuestas al riesgo.

Durante la evaluación del riesgo se seguirán los principios definidos en la norma ISO 12100 y en conjunción con los gráficos de riesgo de la norma ISO 13849.

El coeficiente de clasificación de riesgo se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{HRN} = \text{LO} \times \text{FE} \times \text{DPH} \times \text{NP}$$

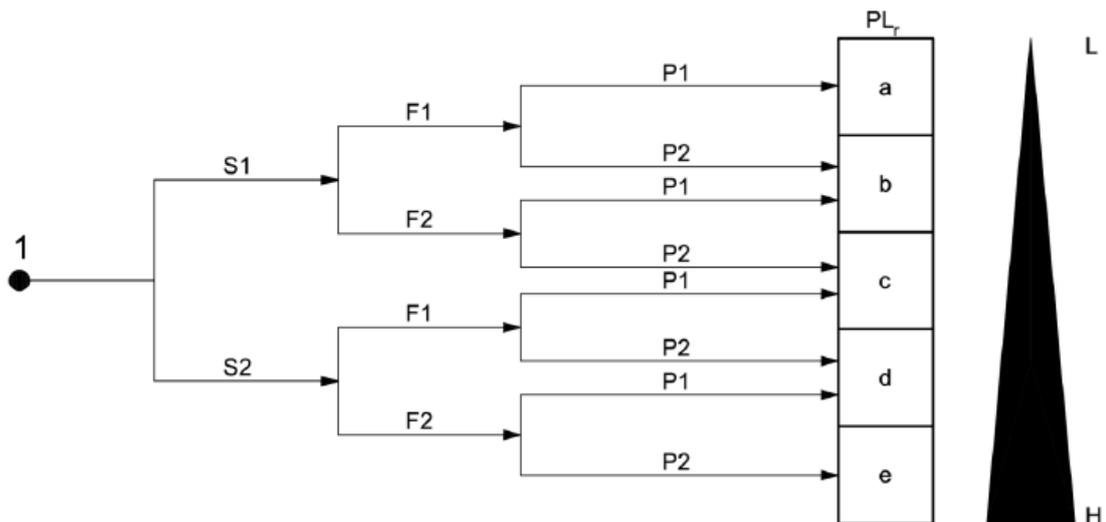
(LO)	Probabilidad de contacto con el peligro debido a la exposición (PE).	
Valor	Nivel de Probabilidad	Correlación del gráfico de Riesgos
0	Imposible, no puede pasar en ninguna circunstancia	N/A
1	Improbable, aunque concebibles	N/A
2	Posible: pero poco comunes	N/A
5	Probables: podría suceder	N/A
8	Probable: no se sorprendió	N/A
10	Probable: sólo cabe esperar	N/A
15	Cierto: no hay duda	N/A
(FE)	Frecuencia de exposición al peligro	
Valor	Nivel de Probabilidad	Correlación del gráfico de Riesgos F1 o F2
0.1	Poco frecuente	F1
0.2	Año	F1
1	Mensual	F1
1.5	Semanal	F1
2.5	Todos los días	F2
4	Cada hora	F2

(DPH) Máximo posible de pérdida		
Valor	Nivel de Probabilidad	Correlación del gráfico de Riesgos S1 o S2
0.1	Hematomas	S1
0.5	Laceración / Efecto de salud leve	S1
1	Fractura de hueso menor o enfermedad menor (temporal)	S1
2	Fractura de hueso menor o enfermedad menor (permanente)	S1
4	Pérdida de 1 miembro, 1 ojo o enfermedad grave	S2
8	Pérdida de 2 miembros, 2 ojos o enfermedad grave	S2
15	Fatalidad	S2
(NP) Número de personas en situación de riesgo		
Valor	Nivel de Probabilidad	Correlación del gráfico de Riesgos
1	1-2	N/A
2	3-7	N/A
4	8-15	N/A
8	16-50	N/A
15	50 >	N/A
(HRN) COEFICIENTE DE RIESGO		
Riesgo	Resultado obtenido	PLr
1	1-2	a
2	3-7	b
4	8-15	c
8	16-50	d
15	50 >	e

Riesgo	Resultado obtenido	Calendario de acción	
Aceptable	0-1	Riesgo aceptable / considerar acción	
Muy bajo	1-5	Acción: plazo de 1 año	
Bajo	5-10	Acción: plazo de 3 meses	
Significativo	10-50	Acción en 1 mes	
Alto	50-100	Acción en 1 semana	
Muy alto	100-500	Acción en 1 día	
Extremo	500-1000	Acción inmediata	
Muy extremo	1000>	Suspender labores inmediatamente	

Determinación del nivel de prestaciones requerido (PLr)

Según la norma UNE-EN ISO 13849-1, para cada función de seguridad seleccionada que debe ser desempeñada por una SRP/CS (Parte de un sistema de mando relativa a la seguridad), se debe determinar y documentar el nivel de prestaciones requerido (PLr). El Nivel de prestaciones requerido (PL) están dispuestos en cinco (5) niveles desde PLa hasta PLe y utilizan Severidad (S), Frecuencia (F) y Posibilidad de evitar el peligro (P) para determinar el Nivel de Desempeño requerido (PLr):



Leyenda

- 1 Punto de partida para la estimación de la contribución de las funciones de seguridad a la reducción del riesgo
- L Contribución a la reducción del riesgo baja
- H Contribución a la reducción del riesgo alta
- PL_r Nivel de prestaciones requerido
- Parámetros del riesgo:**
- S Gravedad de la lesión
- S1 Lesión leve (normalmente reversible)
- S2 Lesión grave (normalmente irreversible, incluyendo la muerte)
- F Frecuencia y/o duración de la exposición al peligro
- F1 Raro a bastante frecuente y/o corta duración de la exposición
- F2 Frecuente a continuo y/o larga duración de la exposición
- P Posibilidad de evitar el peligro o de limitar el daño
- P1 Posible en determinadas condiciones
- P2 Raramente posible

Figura 90 Gráfico para determinar el nivel de prestaciones requerido (PL_r) para cada función de seguridad [UNE-EN ISO 13849-1]

En la tabla siguiente, muestra todos los riesgos detectado de la maquina diseñada y se ha realizado un primer cálculo del coeficiente HRN. Al obtener el resultado se decide medidas de seguridad a tomar para reducir al mínimo el riesgo y repetir de nuevo el cálculo para determinar el nuevo coeficiente HRN tras de aplicar las medidas oportunas.

Clasificación final de cada riesgo y su actuación:

1. Atrapamiento: HRN = 0.1
2. Desgarros y cortes: HRN = 5. Aplicar medidas preventivas: pictograma de advertencia y uso obligatorio de EPI
3. Electrocuación: HRN = 3. Aplicar medidas preventivas: pictograma de advertencia y uso obligatorio de EPI
4. Electrocuación: HRN = 6. Aplicar medidas preventivas: pictograma de advertencia y uso obligatorio de EPI
5. Electrocuación: HRN = 4. Aplicar medidas preventivas: pictograma de advertencia y uso obligatorio de EPI
6. Electrocuación: HRN = 2. Aplicar medidas preventivas: pictograma de advertencia y uso obligatorio de EPI
7. Atrapamiento: HRN = 0.8
8. Atrapamiento: HRN = 0.01

Mesa de acumulación														
Nº	TIPO DE PELIGRO	LOCALIZACIÓN	LO	FE	DPH	NP	HRN INIC.	ACCIONES DE SEGURIDAD	LO	FE	DPH	NP	HRN FINAL.	PLr
1	ATRAPAMIENTO	Elementos de transmisión de potencia o movimiento tales como cadenas, engranajes, piñones, etc.	5,0	1,5	2,0	1,0	15	Se instalan carenados para cubrir e impedir el acceso a elementos de transmisión de potencia o movimiento.	1,0	0,1	0,5	2,0	0,1	PLra
2	ATRAPAMIENTO, DESGARROS Y CORTES	Tramos de tracción y reenvío.	2,0	2,5	1,0	2,0	10	Se instalan perfiles en los laterales del transporte.	1,0	2,5	1,0	2,0	5	PLrb
3	ELECTROCUCIÓN	Contacto directo con partes activas (motor, interruptores y cuadro eléctrico)	2,0	1,0	15,0	1,0	30	Se instalan elementos de protección magnetotérmica y diferencial en el interior del cuadro eléctrico. Se indica que la apertura del cuadro se realizará con interruptor en posición 0	1,0	0,2	15,0	1,0	3	PLrc
4	ELECTROCUCIÓN	Contacto indirecto (cuadro eléctrico, elementos metálicos)	1,0	1,5	15,0	2,0	45	Se instalan elementos de protección magnetotérmica y diferencial en el interior del cuadro eléctrico.	1,0	0,2	15,0	2,0	6	PLrb
5	CORTOCIRCUITO / SOBRECARGAS	Cuadro eléctrico	2,0	1,0	15,0	1,0	30	Se instalan elementos de protección magnetotérmica y diferencial en el interior del cuadro eléctrico.	2,0	1,0	2,0	1,0	4	PLrc
6	QUEMADURAS	Sobrecalentamiento en motor eléctrico	2,0	2,5	1,0	2,0	10	Se instalan elementos de protección magnetotérmica en el interior del cuadro eléctrico.	1,0	1,0	1,0	2,0	2	PLra
7	PROYECCIÓN	Tramos de tracción y reenvío Peligro de proyección de una parte de la máquina	1,0	0,2	2,0	2,0	0,8	N/A	1,0	0,2	2,0	2,0	0,8	PLra
8	CARGA ELECTROSTÁTICA	electroduccion de carga estática en banda modular	2	1,5	1	2	6	Se instalan elementos de descarga de energía electrostática en la banda	1	0,1	0,1	1	0,01	PLra

Tabla 13. Evaluación del riesgo residual.

12. Conclusión

El desarrollo de este trabajo nos ha permitido emplear la metodología básica de diseño, fabricación y homologación de la máquina. Esto implica planteamiento del problema inicial, estudiar posibles soluciones, evaluación, decisión, diseño y homologación.

En la fase inicial del proyecto, el estudio del mercado y con la ayuda del software de simulación se ha reducido considerablemente el tiempo de desarrollo, ha permitido detectar con antelación los problemas de los diferentes sistemas existentes y evitar hacer pruebas en taller que puede implicar un gasto adicional. Además, la demostración visual del movimiento de flujo a través del programa nos ha permitido comprender los motivos de problemas encontrados.

No obstante, el programa también ha mostrado partes no coherentes a la realidad y debemos evitar que este nos conduzca a un camino inadecuado. Debiendo comprobar la situación virtual en la real para asegurar que el sistema funcione.

Por el otro lado, cabe señalar que el estudio de las normas aplicadas antes de comenzar a diseñar ayuda en gran parte el trabajo de diseño y fabricación. Así mismo, realizar un estudio detallado no es solo por el hecho de cumplirlas, sino también en algunos casos la norma indica cómo hay que hacer para cumplirla.

Para concluir la primera fase, es importante averiguar todos los posibles puntos críticos del diseño desde punto de vista general y los límites establecidos en el objeto para desarrollar un trabajo eficaz y sin tener que rediseñar para solucionar posibles problemas futuros.

Cabe destacar que en el mercado existe numerosos transportadores de banda modular y es un producto muy desarrollado. Con lo cual, este proyecto no se ha concentrado en buscar un diseño eficaz o económico, sino se trata de un diseño flexible que permita instalar en distintas condiciones con la mínima modificación.

Por la razón anterior, en la fase de diseño, se ha empleado el manual de ingeniería de Intralox y nos ha permitido conseguir un diseño estándar, reduciendo al máximo piezas a medida o mecanizadas que implican un aumento de coste de fabricación. Al mismo tiempo, el manual ayuda a cumplir algunos puntos críticos de la normativa, y como consecuencia un ahorro de tiempo de diseño.

En cuanto a la comparación del equipo diseñado con respecto a los existentes en el mercado, hemos conseguido reducir el número de transportadores como consecuencia de una disminución del coste económico y mediante una programación adecuada permite reducir considerablemente el consumo energético ya que el transportador del lado contrario entra en funcionamiento solo cuando hay acumulación.

Con respecto a la parte del diseño, el equipo es totalmente simétrico la cual permite estandarizar en gran medida los elementos mecanizados como chasis y ejes, y emplear el diseño tanto para fabricar un pulmón como para hacer transportador de banda modular.

Por último, en cuanto a la viabilidad del equipo diseñado, se debería realizar pruebas en taller con modelo similar para asegurar el funcionamiento antes de entrar en la fase de fabricación. Esto es debido a que no es posible confiar en la totalidad del resultado obtenido de la simulación. Sin embargo, si la producción del objeto fuese menor de la mitad establecida, podemos asegurar con gran certeza en el funcionamiento y sin tener que realizar pruebas en taller ya que el comportamiento dinámico del envase es más suave al reducir la velocidad.

13. Bibliografía:

- [1] «línea de producción de envasado de agua - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=línea+de+producción+de+envasado+de+agua&tbm=isch&ved=2ahUKEwjB4LLh5LnqAhUZ-hoKHcufCokQ2-cCegQIABAA&oq=línea+de+producción+de+envasado+de+agua&gs_lcp=CgNpbWcQA1CUIARY8asEYKquBGgAcAB4AIABQogB4gOSAQE4mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=tbQDX5uyN5n0a8u_osgO&bih=969&biw=1920&rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843#imgrc=XXXSqbyFTXI_IM (accedido jul. 07, 2020).
- [2] «mesa de acumulación - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=mesa+de+acumulación&tbm=isch&ved=2ahUKEwin-53i5bnqAhUElBoKHcSFCzoQ2-cCegQIABAA&oq=mesa+&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgQlIxAnMgQlIxAnMgQIABBDmgUIAB CxAzICCAAYAggAMgIADICCAAYBQgAELEDMgIADoHCAAQsQMqq1DA-wFY9IECYMKLAmgAcAB4AIABR4gB3QKSAQE1mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWc&scient=img&ei=xLUDX6eJBoSoasSLrtAD&bih=969&biw=1920&rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843#imgrc=ZsUG8XF4bWI9JM (accedido jul. 07, 2020).
- [3] «transportador de banda modular - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=transportador+de+banda+modular&tbm=isch&ved=2ahUKEwj5qYPz5bnqAhUS8xoKHV7gBWkQ2-cCegQIABAA&oq=transportador+&gs_lcp=CgNpbWcQARgBMgQlIxAnMgQlIxAnMgUIABCx AzICCAAYAggAMgIADICCAAYAggAMgIADICCAA6BAgAEENQ8vgFWJ6MBmD9mAZoAHAAe ACAAVSIAfEGkgECMTSYAQcAQGqAQtd3Mtd2l6LWltZw&scient=img&ei=57UDX7maE5L ma97A18gG&bih=969&biw=1920&rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843#imgrc=e092kAB2vfGxWM (accedido jul. 07, 2020).
- [4] «transportador de acumulación de latas - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=transportador+de+acumulación+de+latas&tbm=isch&ved=2ahUKEwiv1eqT6LrqAhUFRhoKHTobC5UQ2-cCegQIABAA&oq=transportador+de+&gs_lcp=CgNpbWcQARgBMgQlIxAnMgQlIxAnMgUIA BCxAzICCAAYAggAMgIADICCAAYAggAMgIADICCAA6BAgAEENQoSfYmCRgij9oAHAAeACA AUWIAcYBkgEBM5gBAKABAAoBC2d3cy13aXotaW1n&scient=img&ei=fD4EX6-nLIXcarq2rKgJ&bih=969&biw=1920&rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843&hl=es#imgrc=OsMJD2Gp-uqpm (accedido jul. 07, 2020).
- [5] «TMT · Tecnologías para envases». <https://tmt.com.es/producto-tmt> (accedido jul. 07, 2020).
- [6] «B.T.S. Interparts | Buffer conveyor Automation System - YouTube». <https://www.youtube.com/watch?v=vZewr9py1Ro> (accedido jul. 07, 2020).
- [7] «Emulate3D Virtual Commissioning Controls Testing Emulation and Simulation». <https://www.demo3d.com/home/> (accedido jul. 07, 2020).
- [8] «Belt Identifier». <https://www.intralox.com/belt-identifier> (accedido jul. 07, 2020).
- [9] «5007799_Spanish_SO.pdf». Accedido: jul. 01, 2020. [En línea]. Disponible en: https://assets-us-01.kc-usercontent.com/19eb64b5-1815-003a-d268-e7109927ccad/1b129325-9359-4611-8c80-1884b9f04f23/5007799_Spanish_SO.pdf.
- [10] «¿QuÃ© es un motorreductor?- Energía Controlada de México S.A. de C.V.». <https://energiacontrolada.com/faq/Que-es-un-motorreductor> (accedido abr. 05, 2020).
- [11] «Tipos de motores reductores de velocidad - Maquiclick», *Blog de los fabricantes de maquinaria Industrial*, dic. 12, 2017. <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/motores-reductores-de-velocidad/> (accedido abr. 05, 2020).
- [12] «motorreductor sinfin sew - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=motorreductor+sinfin+sew&rlz=1C1CHWL_zh-

- CNES842ES843&sxsrf=ALeKk00g0e1dcXXTCUGfpKhGMrdCjQobEg:1594117816744&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjVxsnR97rqAhULy4UKHRgPD-YQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1920&bih=969#imgrc=bW5CWR1Dq0uYPM (accedido jul. 07, 2020).
- [13] «Ventajas y desventajas del husillo sinfin». <https://clr.es/blog/es/ventajas-y-desventajas-del-husillo-sinfin/> (accedido abr. 05, 2020).
- [14] motorex, «Todo lo que debes saber sobre los polos de un motor eléctrico», *Motorex*, may 18, 2018. <http://www.motorex.com.pe/blog/que-son-polos-motor-electrico/> (accedido abr. 08, 2020).
- [15] «Online Support | SEW-EURODRIVE». https://www.sew-eurodrive.es/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=es_ES&country=ES (accedido abr. 08, 2020).
- [16] «Online Support | SEW-EURODRIVE». https://www.sew-eurodrive.es/os/catalog/products/gears/standalonegear/default.aspx?language=es_ES&country=ES (accedido abr. 08, 2020).
- [17] «Sistema de rodamientos autoalineables SKF». <https://www.skf.com/es/industry-solutions/metals/Processes/downstream/cranes/SKF-self-aligning-bearings-system.html> (accedido abr. 10, 2020).
- [18] «igubal® expert system». <https://www.igus.es/igubalConf/Igubal/Step1> (accedido abr. 06, 2020).
- [19] «igubal® expert system». <https://www.igus.es/igubalConf/Igubal/Step2> (accedido abr. 11, 2020).
- [20] «Comprar productos Tornillería en acero inoxidable aisi-304-a2». <https://www.suministrostorras.com/tornilleria-4/tornilleria-en-acero-inoxidable-aisi-304-a2-140-p3.html> (accedido jun. 29, 2020).
- [21] «Chapas». https://sitasaonline.es/index.php?option=com_content&view=article&id=300005&familia=030&Itemid=180&camino=F3_030 (accedido jun. 29, 2020).
- [22] «motorreductor sa47/t drs71m4 be1 0,55kw - Google Shopping». https://www.google.com/search?rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843&hl=es&biw=1920&bih=969&tbm=shop&sxsrf=ALeKk03rvC_4qwZLd0mkBU DOU-hx68r9PQ%3A1593465241301&ei=mVn6XvaDEqqWlwTz-KbYDw&q=motorreductor+sa47%2Ft+drs71m4+be1+0%2C55kw&oq=motorreductor+sa47%2Ft+drs71m4+be1+0%2C55kw&gs_lcp=Cgtwcm9kdWN0cy1jYxADOgQIIxAnULquBViZ3AVggq-AFaANwAHgAgAFgiAHYBZIBAjEwmAEAoAEBqgEPcHJvZHVjdHMtY2Mtd2l6&scIent=products-cc&ved=0ahUKEwi2tK3N-KfqAhUqy4UKHXO8CfsQ4dUDCAo&uact=5 (accedido jun. 29, 2020).
- [23] «Pe 1000-Pe 1000 Manufacturers, Suppliers and Exporters on Alibaba.com Plastic Tubes». https://spanish.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=PE+1000&viewtype=&tab= (accedido jun. 29, 2020).
- [24] «Barra redonda estirada de acero inoxidable | Calidad: 1.4301 | AISI 304», *materials4me by thyssenkrupp*. <https://es.materials4me.com/metales/acero-inoxidable/barra-redonda/barra-redonda-estirada-de-acero-inoxidable-calidad-1.4301-aisi-304> (accedido jun. 29, 2020).
- [25] «HRN.pdf». Accedido: jul. 07, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://200.31.166.21/infrasal/images/manuales/presentacionseg/HRN.pdf>.
- [26] «Para realizar el corte de la energía eléctrica es aconsejable seguir los siguientes pasos - Búsqueda de Google». https://www.google.com/search?q=Para+realizar+el+corte+de+la+energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica+es+aconsejable+seguir+los+siguientes+pasos&rlz=1C1CHWL_zh-CNES842ES843&hl=es&sxsrf=ALeKk02w1hTNDKlmi4RLdiFNLxFrvDym5A:1594248517828&

source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwawtrE3r7qAhVi8uAKHUf6AXsQ_AUoAnoECA
0QBA&biw=1920&bih=969#imgrc=AqwKh19rcQMnQM (accedido jul. 09, 2020).

14. ANEXO 1: MANUAL DE LIMPIEZA, ENGRASE Y MANTENIMIENTO DEL PULMÓN. [Documento ANEXO 3.2.10]

Para un buen mantenimiento del pulmón habrá que realizar las siguientes comprobaciones periódicamente:

- Comprobar el estado de todos los pictogramas de la máquina. En el caso de deterioro se procederá a su sustitución.
- Comprobar que todos los dispositivos de seguridad están en su lugar.
- Comprobar que la estructura de la máquina y los soportes de los elementos no están dañados.
- Comprobar que no hay piezas de fijación sueltas o no presentes.
- Comprobar que no hay herrumbre o corrosión.
- Comprobar que no hay sobrecalentamientos de motores o reductores.
- Comprobar la ausencia de cableado dañado, incluyendo conductores y conexiones.
- Revisar el estado y limpiar las fotocélulas y los espejos de reflexión.

14.1. NORMAS DE SEGURIDAD GENERALES PARA LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA, ENGRASE Y MANTENIMIENTO

Las operaciones de puesta a punto, limpieza, engrase, regulación y mantenimiento tienen que ser llevadas a cabo por una sola persona, que siempre tiene que disponer de gafas protectoras, guantes contra cortes, calzado de seguridad y usarlos según las necesidades. En caso de llevar el pelo largo, tiene que recogerse.

Todas las operaciones de regulación, cambios de formato, sustituciones u otras intervenciones en los diferentes grupos de la máquina, tienen que ser efectuadas sólo por el operario cualificado encargado del mantenimiento, el cual deberá siempre prestar la máxima atención y poner el máximo cuidado para no exponerse a ninguno de los riesgos residuales de la máquina.

Este personal, en cualquier circunstancia, no podrá llevar nunca indumentaria colgante o desgarrada: bufanda, collares, etc., nunca pondrá las manos en las proximidades de los piñones, tambores, rodillos de reenvío, palas del alimentador, poleas y transferencias entre cintas de transporte.

Las operaciones de limpieza y mantenimiento se realizarán con los interruptores general y de red desconectados y la PARADA DE EMERGENCIA correspondiente pulsada. Para realizar el corte de la energía eléctrica es aconsejable seguir los siguientes pasos:

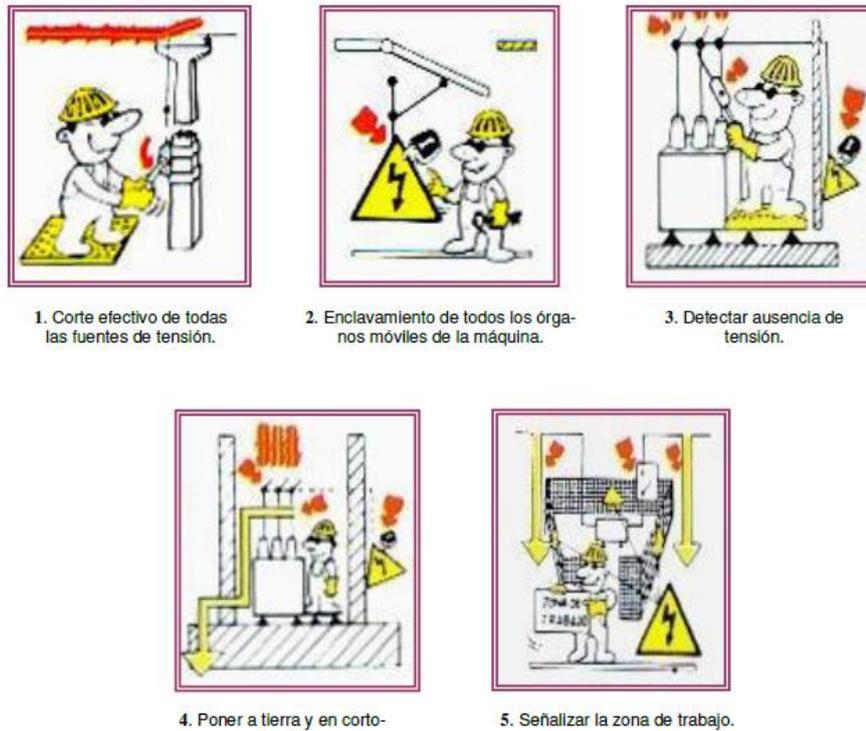


Figura 91. Pasos para seguir para realizar el corte de energía [26]

El personal afectado debe tener conocimiento de que se está llevando a cabo un trabajo de mantenimiento.

Los resguardos que cubren las partes móviles de la máquina únicamente pueden ser quitados de sus posiciones por personal cualificado y para las operaciones de limpieza, mantenimiento y reparación. Siempre con la máquina desconectada de la red eléctrica y con la parada de emergencia pulsadas. Dichos resguardos deberán ser fijados con los medios dispuestos a tal fin por el personal de mantenimiento, una vez finalizadas las operaciones de mantenimiento.

Tras cada intervención de limpieza, lubricación, regulación o mantenimiento se tienen que reponer todas las seguridades y volver a montar y/o cerrar todas las protecciones.

Antes de volver a poner los resguardos hay que asegurarse de que no queda ningún cuerpo extraño en el interior de la máquina como puedan ser herramientas.

Después de operaciones de limpieza, lubricación, regulación o mantenimiento, en caso de que operando la máquina se oiga algún ruido extraño parar inmediatamente la misma pulsando la parada de emergencia y avisar a un mecánico especializado.

14.2. LIMPIEZA

Diariamente se aconseja proceder a una limpieza integral de las partes que configuran la máquina, para ello se puede emplear aire a presión llevando cuidado con los elementos más sensibles como son los sensores, fotocélulas y espejos. No utilizar nunca agua a presión ni vapor para limpiar la máquina.

Cuando sea necesario se empleará un trapo humedecido en agua, la cual, siempre debe llevar aditivo antióxido. Inmediatamente se deberán secar concienzudamente las partes limpiadas y no dejar secar al aire, sobre todo en zonas cercanas a componentes y conexiones eléctricos.

También se podrán emplear, en caso de manchas de grasa, desengrasantes no agresivos con la pintura, sin disolvente.

Limpiar sensores y espejos de reflexión con un paño seco.

14.3. ENGRASE

Antes de llevar a cabo las operaciones de engrase, es preciso efectuar una adecuada limpieza de la zona. El engrase no debe ser excesivo. Para ello se debe limpiar restos de grasa antigua antes de poner la nueva.

En la instalación se han empleado los lubricantes de grado alimentario con las siguientes características:

Localización de la lubricación	Referencia de Lubricante
piñones, rodamientos (soportes con rodamiento), casquillos de fricción, patines lineales y rodillos.	Grasa de grado alimentario: <i>Rocol Foodlube Universal Grease2</i> <i>Klubersynth UH1 14-151</i>
Reductores.	Aceite de grado alimentario: <i>CLP PG-460-NSF-H1</i>

Frecuencia de engrase de los diferentes elementos:

Elementos	Engrasar
Rodamientos de los módulos	Cada mes
Guías lineales de fricción	Cada mes

14.4. SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS

Un programa adecuado de mantenimiento preventivo es de gran importancia para la vida de su máquina.

Como mantenimiento preventivo, además de las inspecciones, se sustituirán las piezas desgastadas y/o rotas. Además, se sustituirán los siguientes elementos de las máquinas según la siguiente tabla:

Elementos	Sustituir
Rodamientos de bolas	Cada 10 años
Banda modular	Cada 7 años
Piñones de transportadores de banda modular	Cada 7 años
Barras de guías lineales de fricción	Cada 10 años
Casquillos de fricción autoalineante	Cada 5 años

Tabla 14. Listado de piezas de desgaste y su vida útil.

Si cualquier elemento de la lista anterior se desgasta o se rompe antes de que cumpla la fecha prevista de sustitución, habrá que cambiarlo por uno nuevo, como mantenimiento correctivo.

14.5. MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Las inspecciones periódicas y las intervenciones directas en caso de fallo mantendrán el equipo siempre listo para el desempeño del trabajo para el que ha sido diseñado y fabricado.

En este apartado se incluyen los controles necesarios y las acciones de mantenimiento de los elementos que requieren ajuste o de los elementos que puedan desgastarse tras un período de tiempo de la máquina funcionando en condiciones normales de operación.

Tan pronto como se detecten fallos, aunque sean menores, deben ser reparados para evitar averías mayores.

14.5.1. Motorreductor

Los motores en general se limpiarán mensualmente para su correcta refrigeración. En concreto, en los motores con freno se revisará anualmente el estado del ferodo del freno. Se comprobará su correcto funcionamiento ajustándolo o sustituyéndolo en caso necesario.

Cada 10 años se revisarán las coronas, usillos y engranajes de los reductores, sustituyéndolos en caso necesario. En los reductores que estén lubricados por aceite, se observará las posibles fugas y el nivel de aceite anualmente, cambiando los retenes en caso necesario.

14.5.2. Rodamientos

Los rodamientos se engrasarán una vez al mes de trabajo aproximadamente. Para ello se debe limpiar los restos de grasa antigua antes de poner la nueva. Se insertará la boquilla de la bomba en el engrasado y se bombeará una pequeña cantidad de grasa G:

$$G=0,005 D B$$

Dónde:

G = cantidad de grasa, g

D = diámetro exterior del rodamiento, mm

B = anchura o altura total del rodamiento, mm

14.5.3. Guías lineales de fricción

Las guías lineales de fricción se engrasarán mensualmente. Para ello, se limpiará el vástago de restos de grasa antigua y se impregnará levemente con grasa nueva utilizando una brocha o elemento similar. Se comprobará la holgura entre el vástago y el casquillo anualmente.

14.5.4. Bandas modulares

Inspeccionar la banda mensualmente por si le falta algún módulo o está dañado. Reparar o cambiar las piezas según sea necesario.

Las bandas modulares requieren sobre todo una buena limpieza mensualmente para un buen mantenimiento, ya que a no ser que algún módulo de la banda se rompa por algún golpe, ésta puede estar trabajando de forma indefinida hasta que se estire en exceso.

Cuando la banda se monte en los piñones o se partan los pasadores con frecuencia, serán signos de la fatiga de ésta y habrá que cambiarla, aunque no haya cumplido con la fecha estipulada para el cambio.

Hay que revisar el tensado de las bandas modulares mensualmente. Se tensarán cuando el descuelgue entre rodillo y rodillo sea superior a la cara inferior del lateral del transportador, o cuando apoye sobre el plegado de éste, si lo hubiera. Para ello, es posible que se tenga que quitar algún eslabón de la banda, ya que suelen estirar bastante con el tiempo. Nunca se tensará como una banda tapiz, debe hacer un poco de caída en la parte inferior, ya que si tensamos en exceso provocaremos el estiramiento prematuro de dicha banda.

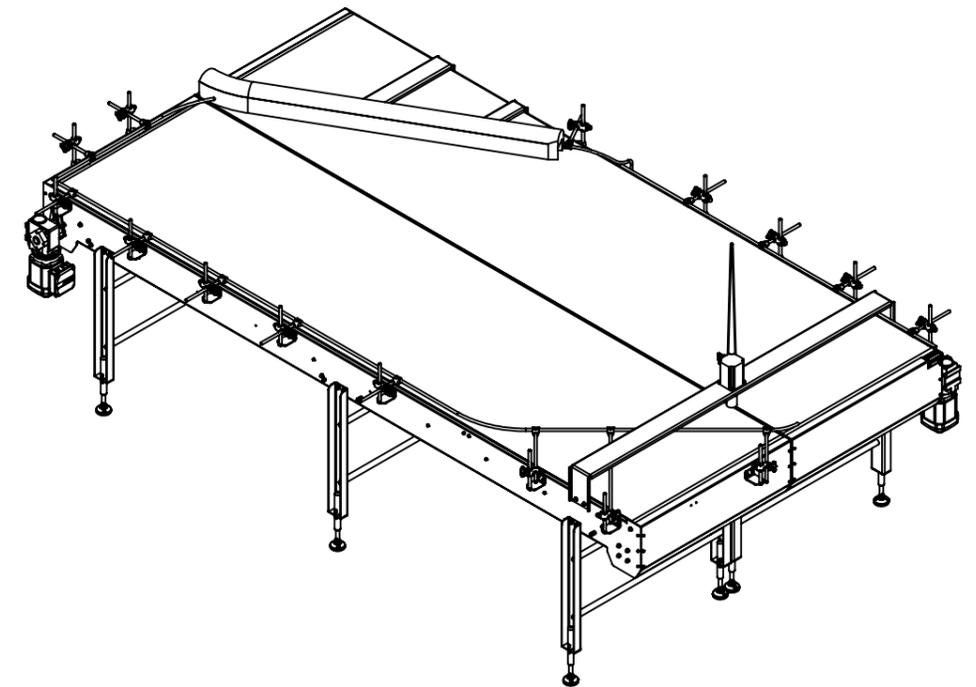
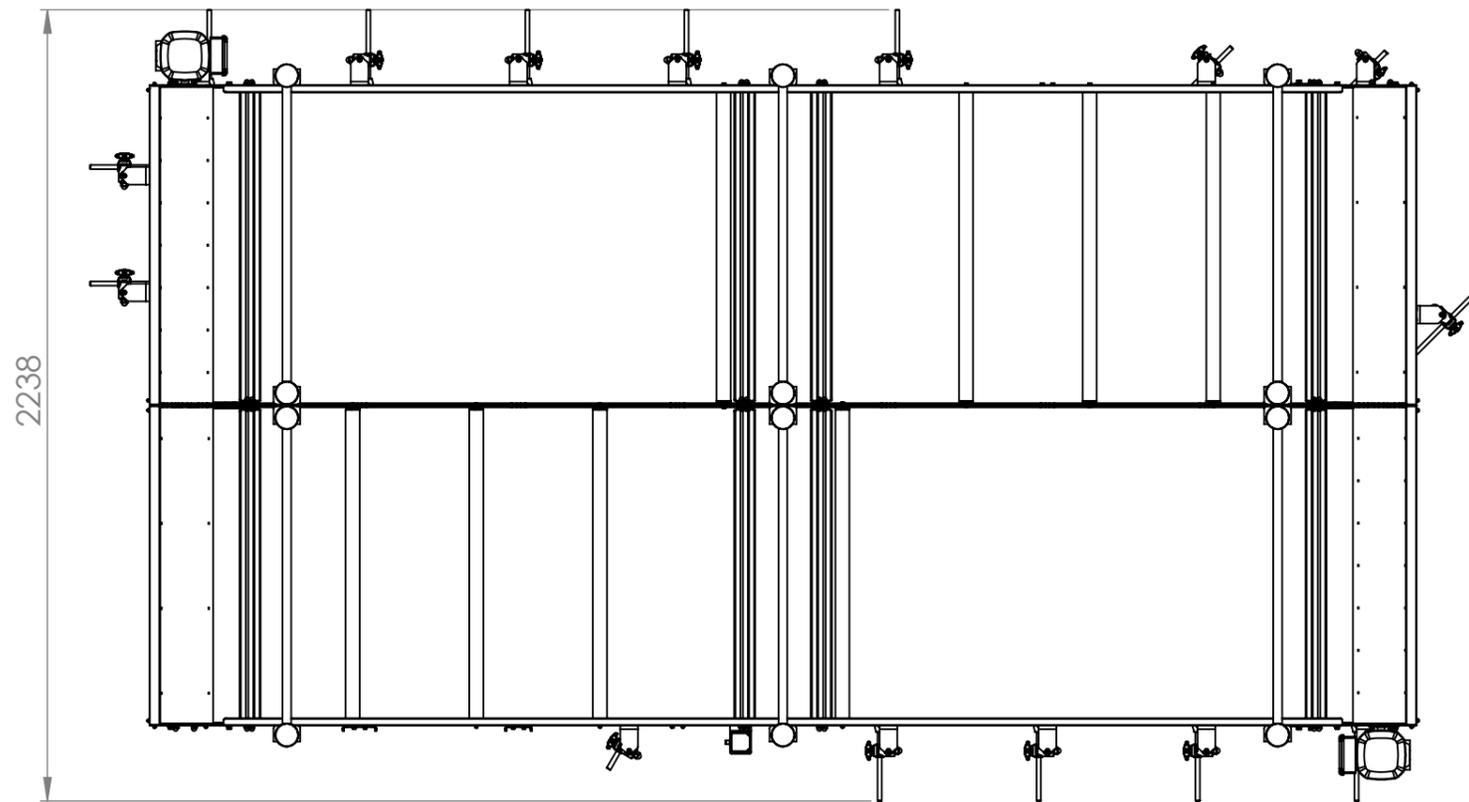
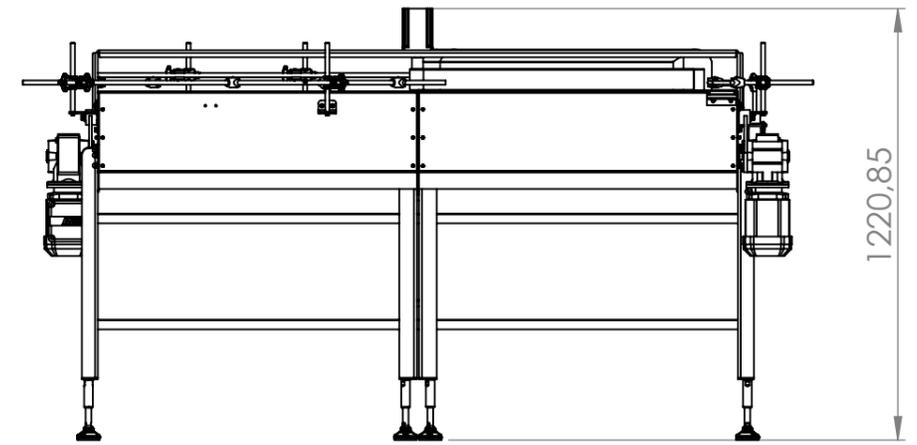
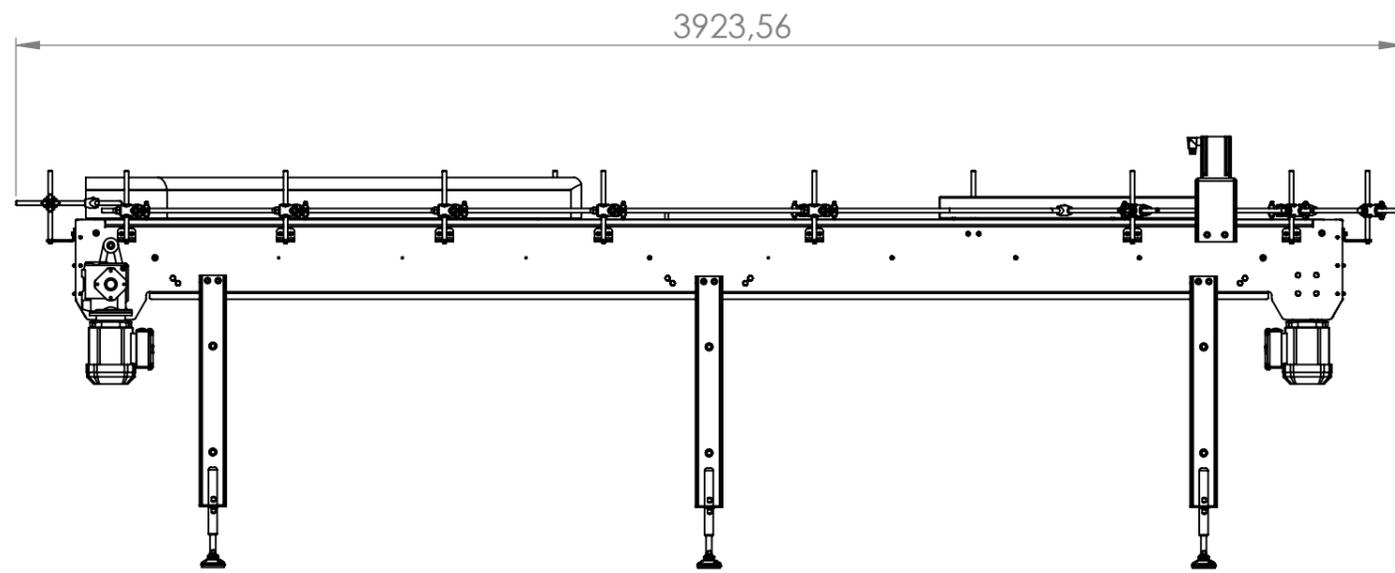
14.5.5. Tornillos

Comprobar mensualmente que los tornillos que aguantan soportes estructurales con carga, elementos móviles, soportes de rodamientos y en general elementos críticos de la máquina, estén apretados con el par de apriete correspondiente.

15. ANEXO 3: listado de anexos de documentos de diseño, catálogo, simulación, estudios con SolidWorks, etc.

1. Anexo de cálculo de velocidades y fuerzas en Excel
2. Anexo catálogo y manuales de los fabricantes
 1. Anexo acoplamiento de mordaza
 2. Anexo barra acero inoxidable
 3. Anexo cabezal de plástico de rodillo
 4. Anexo Catalogo de banda Intralox
 5. Anexo catalogo soporte guia_2018_L-3
 6. Anexo cojinete autoalineante-igubal-efsm-igus
 7. Anexo Conveyor Roller Catalog_ES
 8. Anexo especificación motorreductor elegido
 9. Anexo guía banda modular Habasit
 10. Anexo manual de instrucciones, uso y mantenimiento.
 11. Anexo manual de motorreductor SEW
 12. Anexo motor paso a paso IGUS
 13. Anexo pata limpia Data sheet - Machine-foot-XH065-XH16210-RHOX1680
 14. Anexo pinza de guía
3. Anexo diseño 3d y planos en SolidWorks
4. Anexo estudio de estática con SolidWorks
5. Anexo evaluación de riesgo residual en Excel
6. Anexo presupuesto y listado de materiales
7. Anexo videos de simulación

16. Anexo 4: Planos y listas de materiales



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

PLANTILLA
A3H

FIRMA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

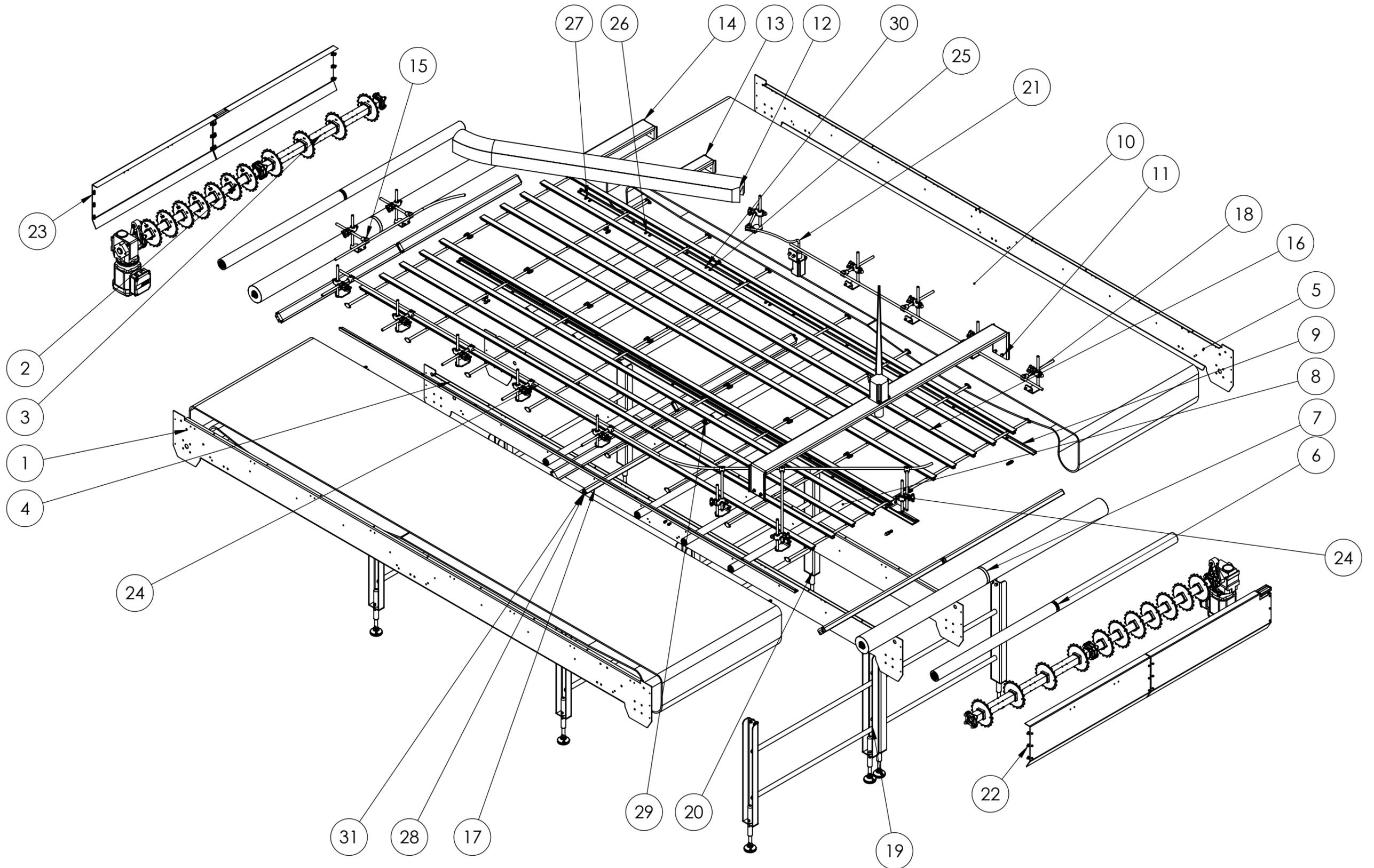
TÍTULO: Plano vista del conjunto

NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

NUMERO PLANO:

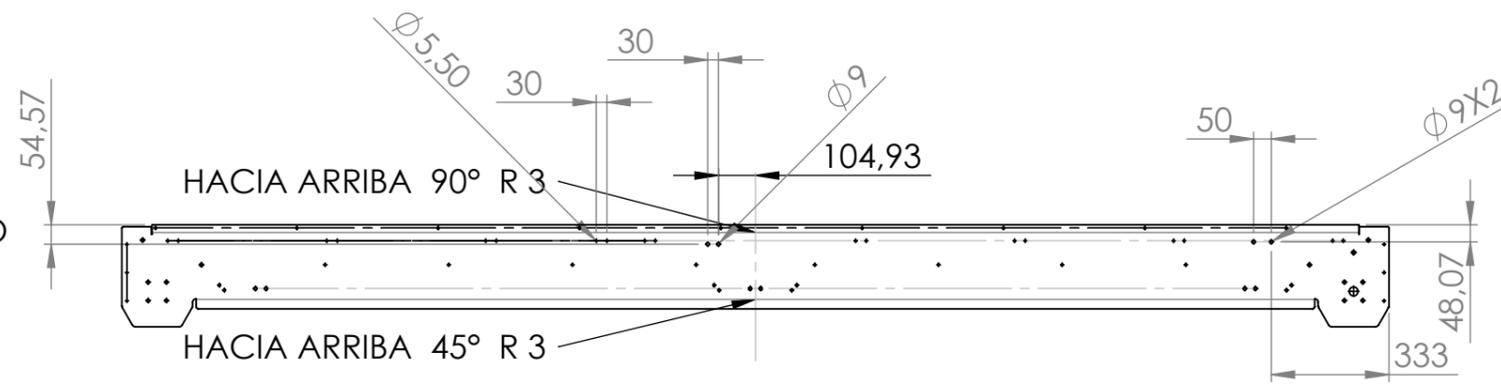


	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	TÍTULO: Vista explosionada	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:	NUMERO PLANO:

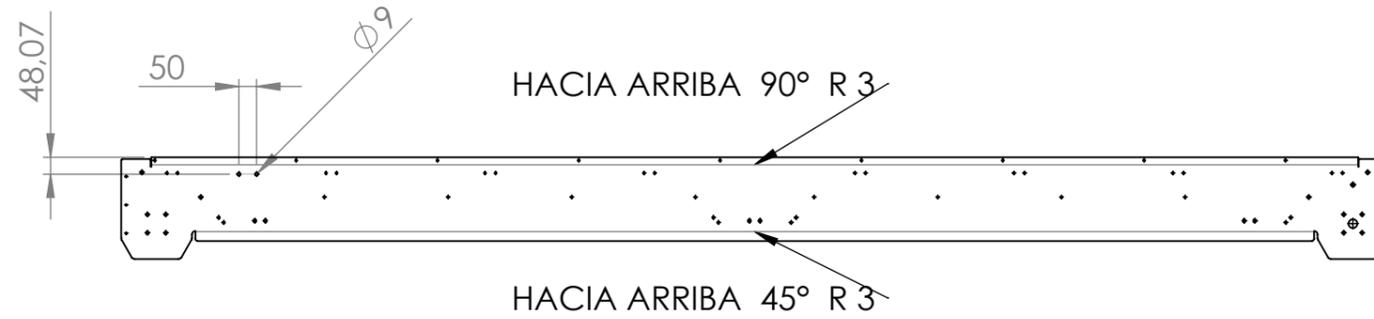
32	B18.6.7M - M5 X 0.8 X 30 INDENTED HHMS --30N		4
31	DIN 1587 - M8 --NNU		24
30	DIN 1587 - M5 --NNU		14
29	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 20 --20N		8
28	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M6 X 1.0 X 16 --16N		16
27	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 10 --10N		6
26	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 --16N		2
25	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 12 --12N		2
24	SOPORTE + GUIA 3		1
23	CONJUNTO TAPA RESGUARDO TRASERO	SUBENSAMBLAJE	1
22	CONJUNTO TAPA RESGUARDO DELANTERO	SUBENSAMBLAJE	1
21	GUIA + MOTOR	SUBENSAMBLAJE	1
20	PATA CON REFUERZO	SUBENSAMBLAJE	3
19	DOBLE PATAS	SUBENSAMBLAJE	3
18	GUIAS + SOPORTE	SUBENSAMBLAJE	1
17	REFUERZOS DE LA ESTRUCTURA	CHAPA METÁLICA AISI 304 5mm	8
16	SOPORTE + GUÍA EN T	SUBENSAMBLAJE	1
15	VARILLA2 + SOPORTE	SUBENSAMBLAJE	1
14	SOPORTE2 DEL TUNEL	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1
13	SOPORTE DEL TUNEL	CHAPA METÁLICA AISI 304 4mm	1
12	TUNEL	MECANIZADO ACETAL	1
11	CONJUNTO GUIA CENTRAL	SUBENSAMBLAJE	1
10	BANDA MODULAR	SERIE 100 FLUSH GRID	2
9	GUIA DELIZANTE LATERAL CON TORNILLOS DE SUJECION	SUBENSAMBLAJE	4
8	Conjunto rodillo libre	SUBENSAMBLAJE	8
7	CONJUNTO RODILLOS DOBLES	SUBENSAMBLAJE	2
6	CONJUNTO RODILLOS DOBLE PEQUEÑO	SUBENSAMBLAJE	2
5	PERFIL LATERAL IZQUIERDO	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1
4	PERFIL CENTRAL	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	2
3	CONJUNTO EJE RETORNO	SUBENSAMBLAJE	2
2	CONJUNTO EJE MOTRIZ	SUBENSAMBLAJE	2
1	PERFIL LATERAL DERECHO	CHAPA METÁLICA AISI 304 3mm	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA	
		TÍTULO: Listado de componentes	
PLANTILLA A4V	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:

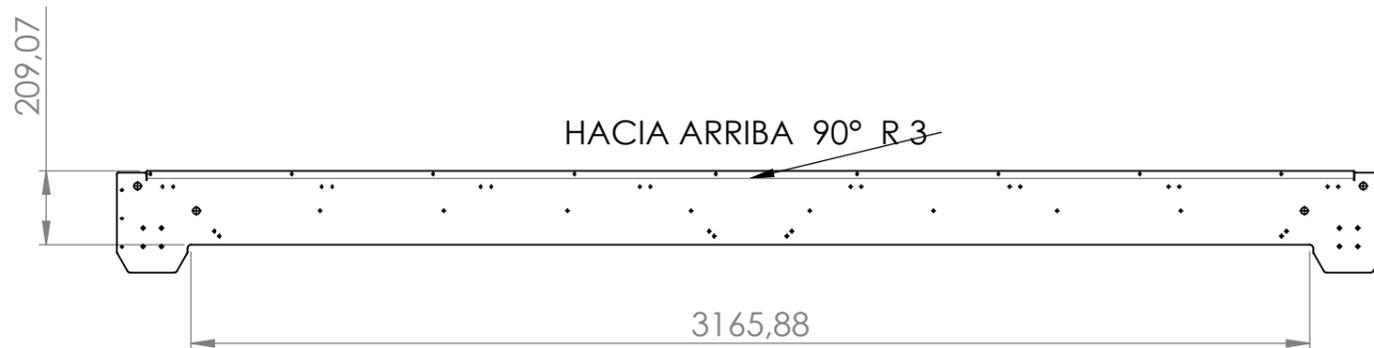
(5) PERFIL LATERAL IZQUIERDO



(1) PERFIL LATERAL DERECHO



(4) PERFIL CENTRALI



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECANICA

PLANTILLA
A3H

CALIFICACION

TÍTULO:

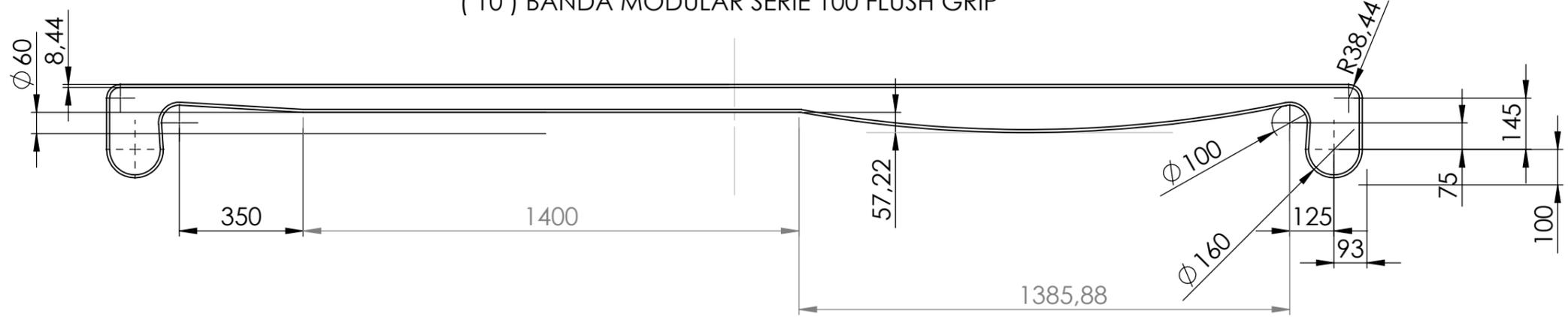
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

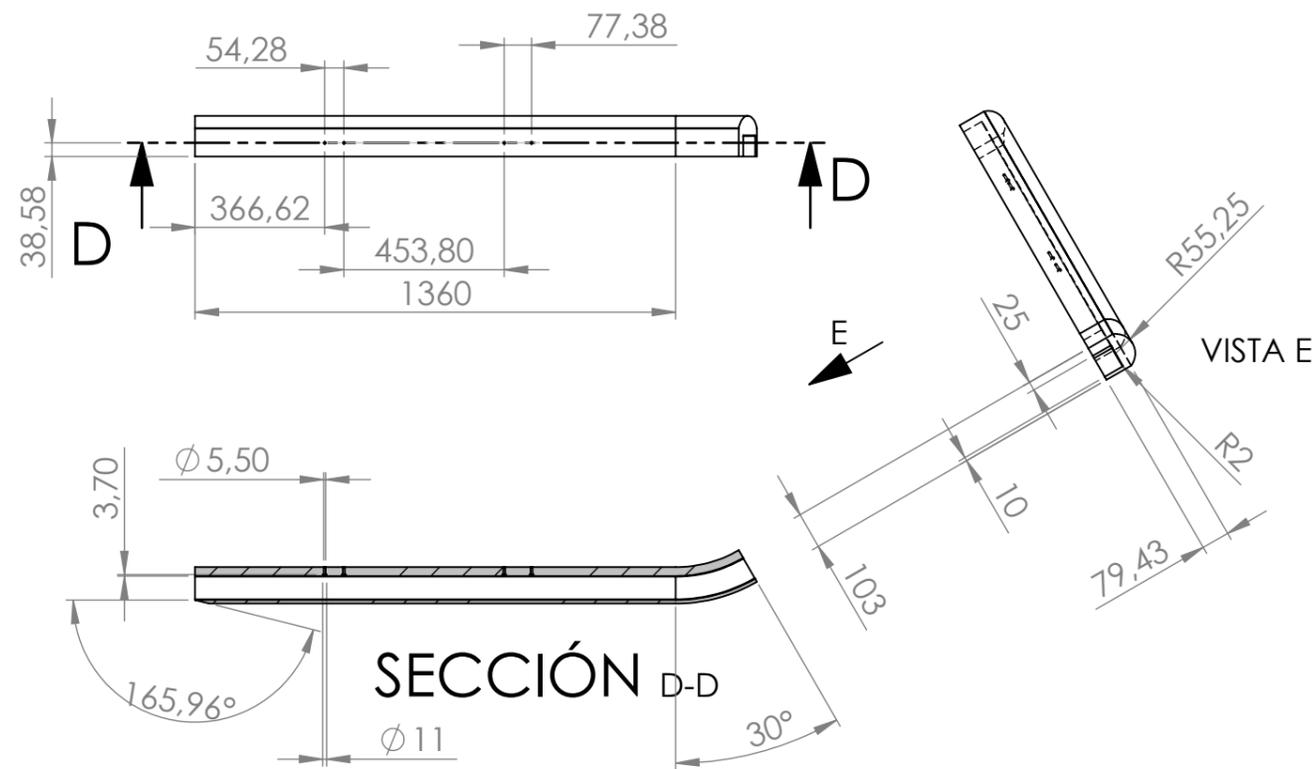
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(10) BANDA MODULAR SERIE 100 FLUSH GRIP

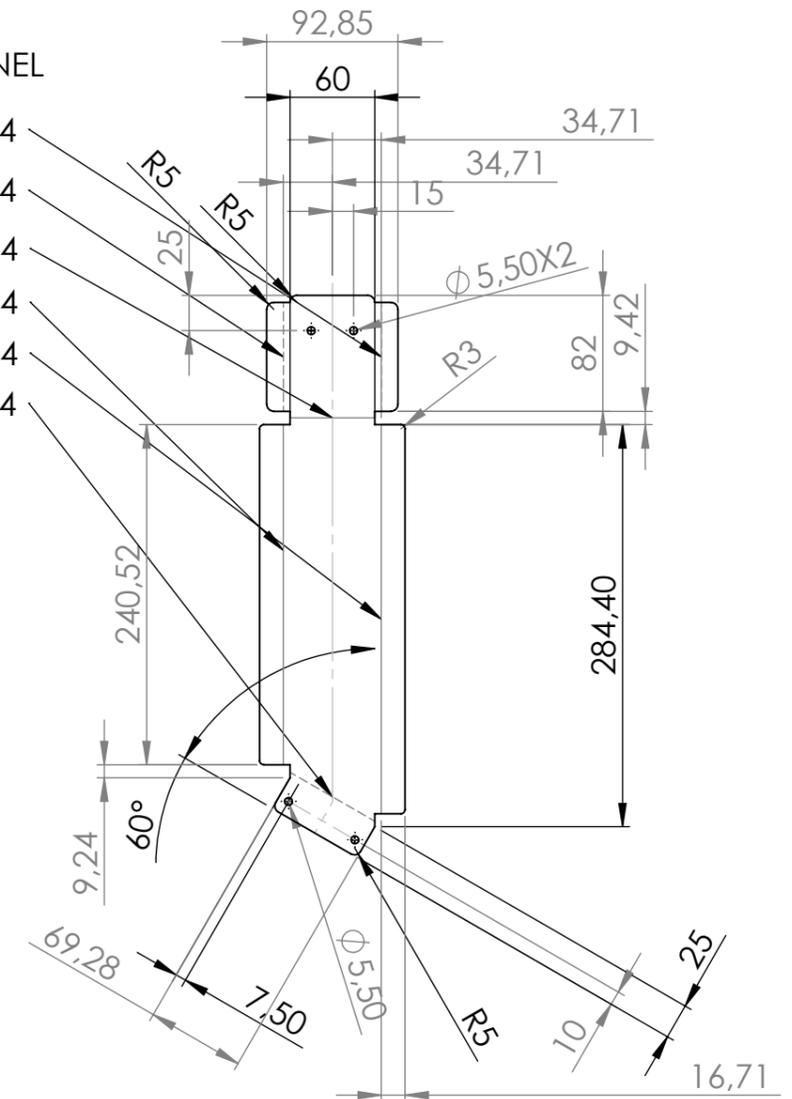


(12) TUNEL



(13) SOPORTE DEL TUNEL

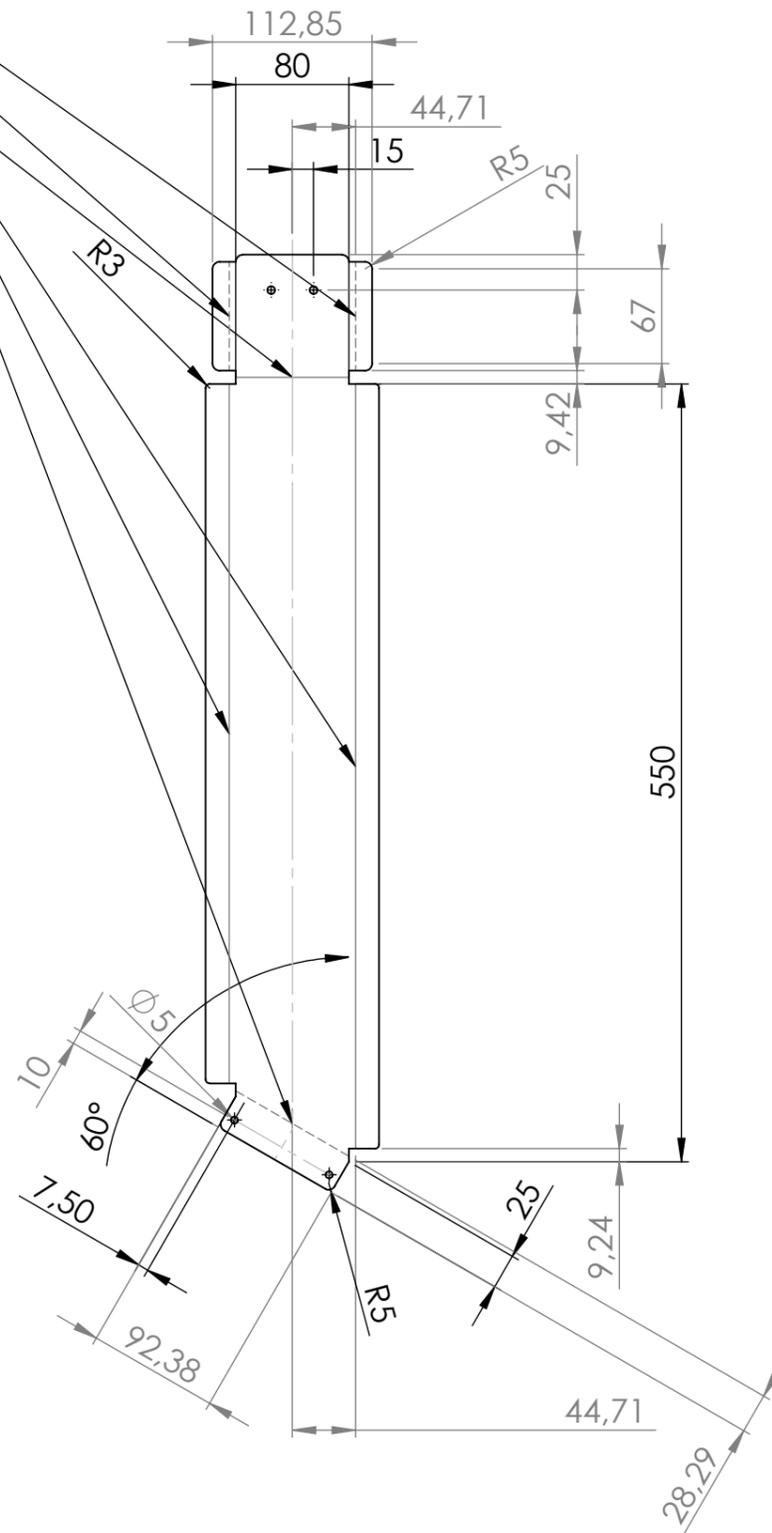
- HACIA ABAJO 90° R 4
- HACIA ABAJO 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ABAJO 90° R 4



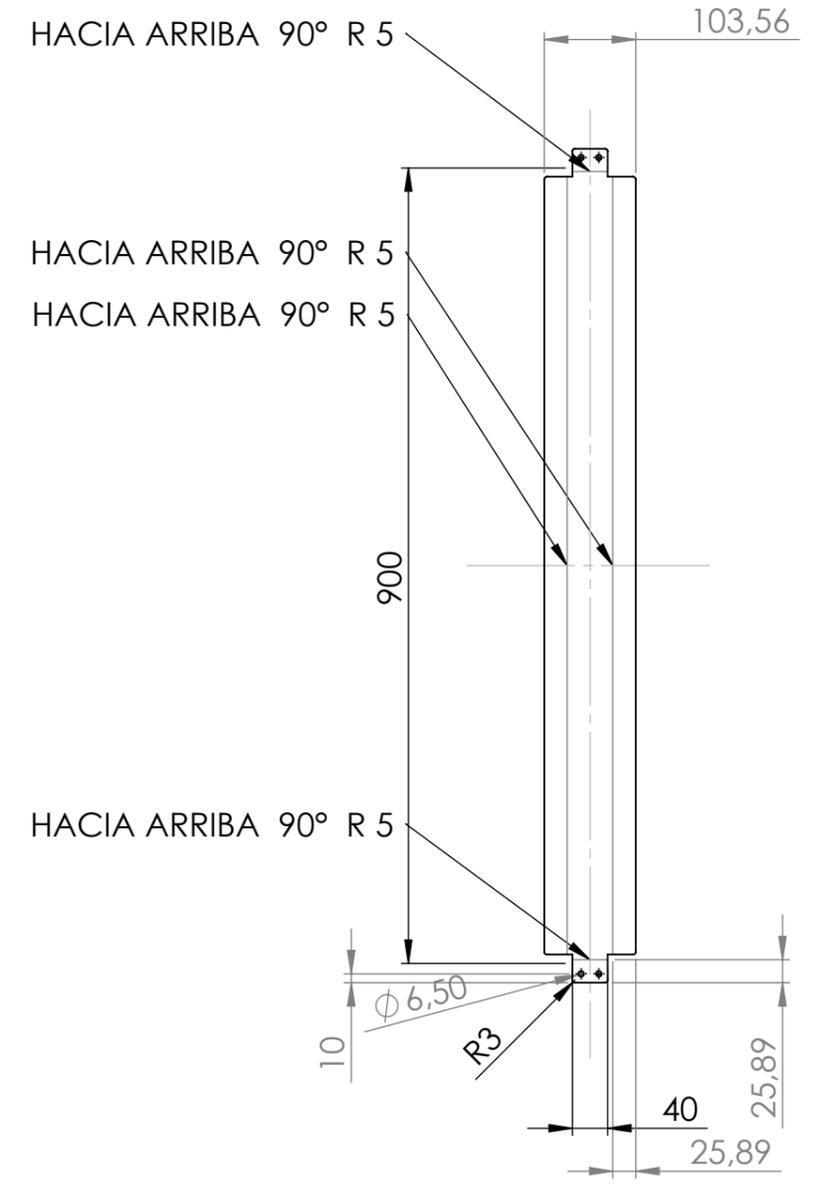
	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	TÍTULO:
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:	NUMERO PLANO:

(14) SOPORTE 2 DEL TUNEL

- HACIA ABAJO 90° R 4
- HACIA ABAJO 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ARRIBA 90° R 4
- HACIA ABAJO 90° R 4

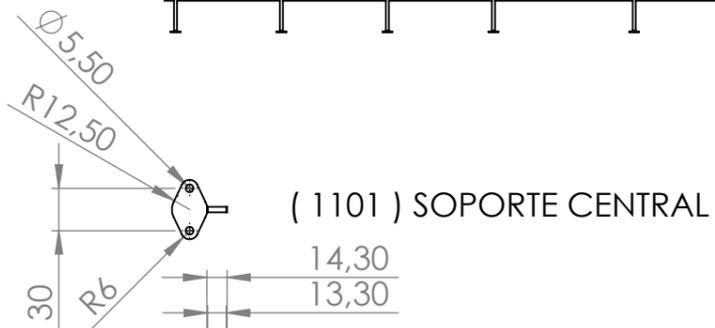
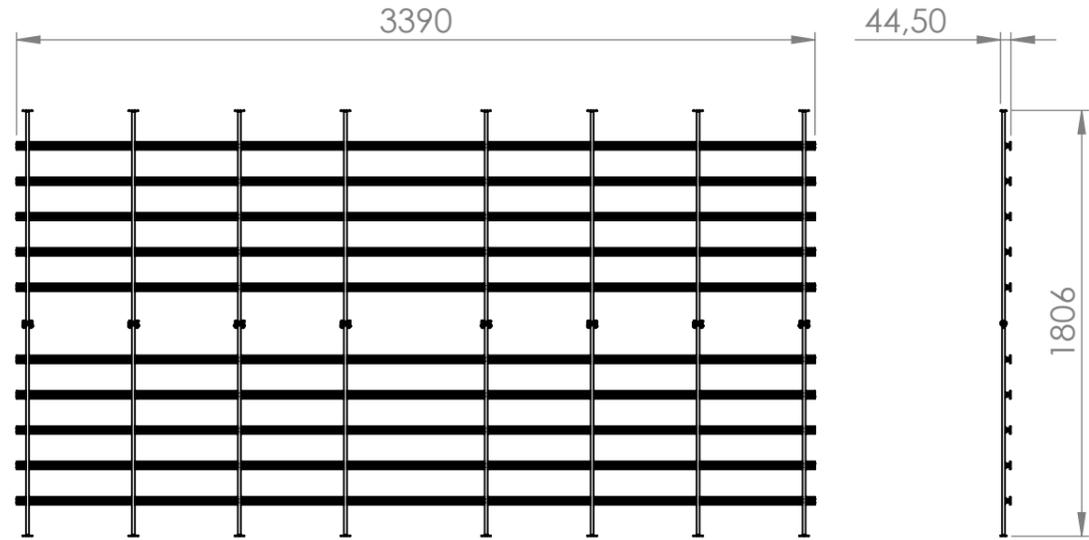


(17) REFUERZO DE LA ESTRUCTURA

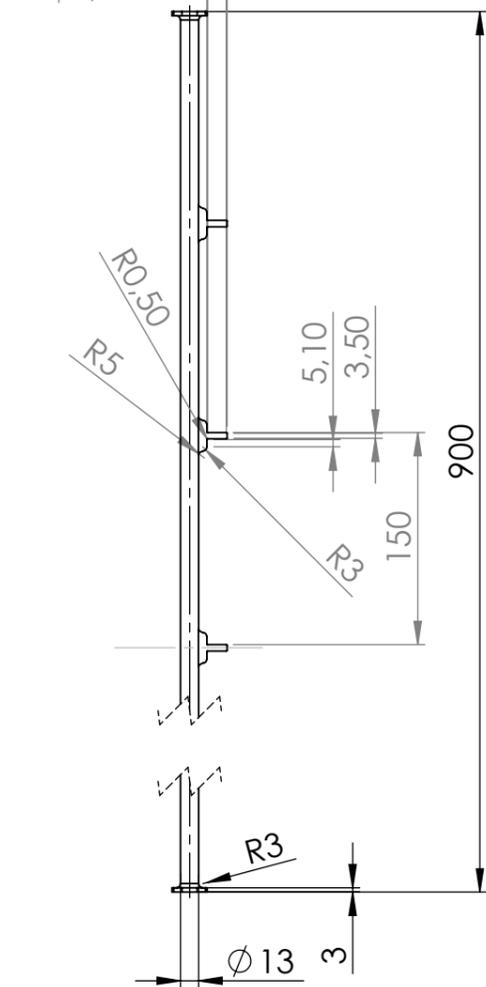


	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	TÍTULO:
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:	NUMERO PLANO:

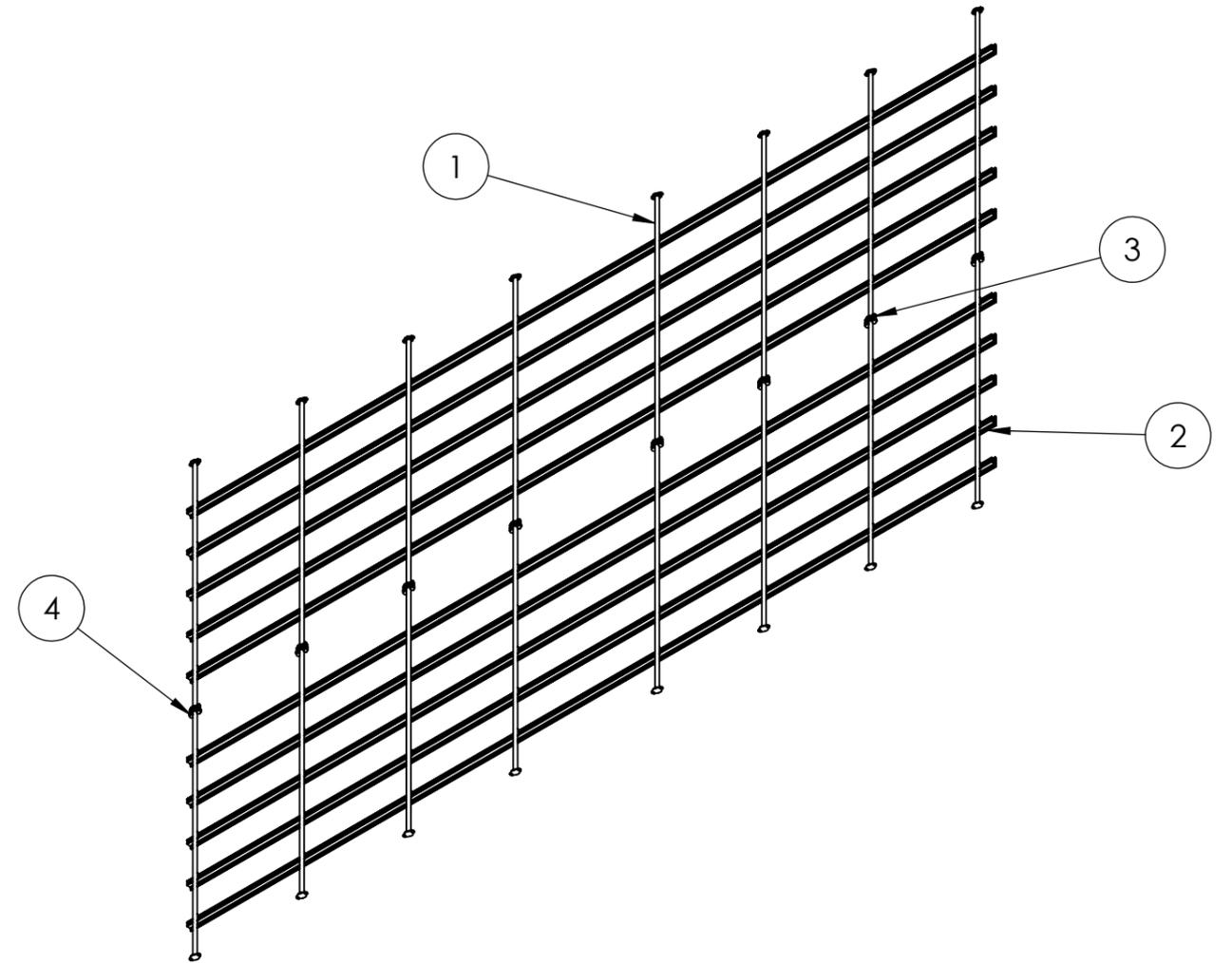
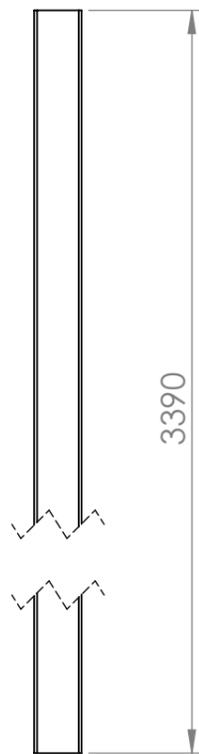
(11) CONJUNTO GUIA CENTRAL



(1101) SOPORTE CENTRAL



(1102) PERFIL MB 01T



4	DIN 1587 - M8 --NNU		16
3	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 -- 16N		16
2	GUÍA DESLIZANTE DE PERFIL MB 01T	STANDARD PE UHV (HABASIT)	10
1	SOPORTE CENTRAL	ANSI 304	16
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

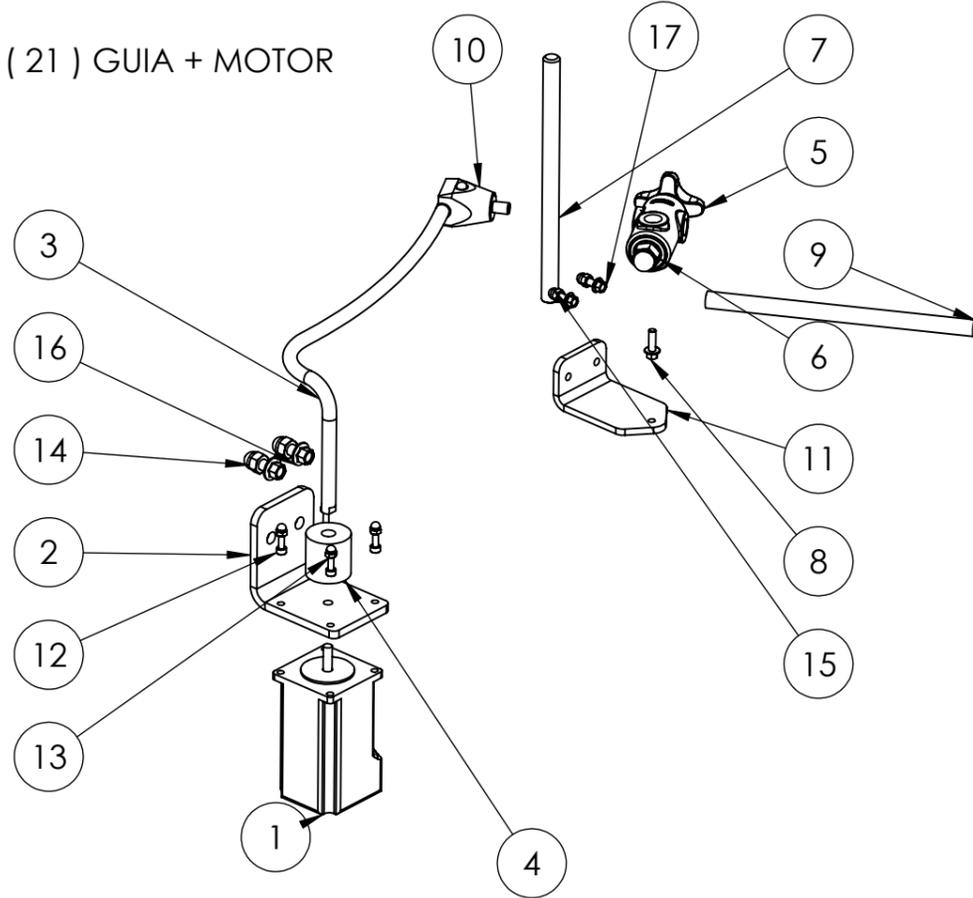
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

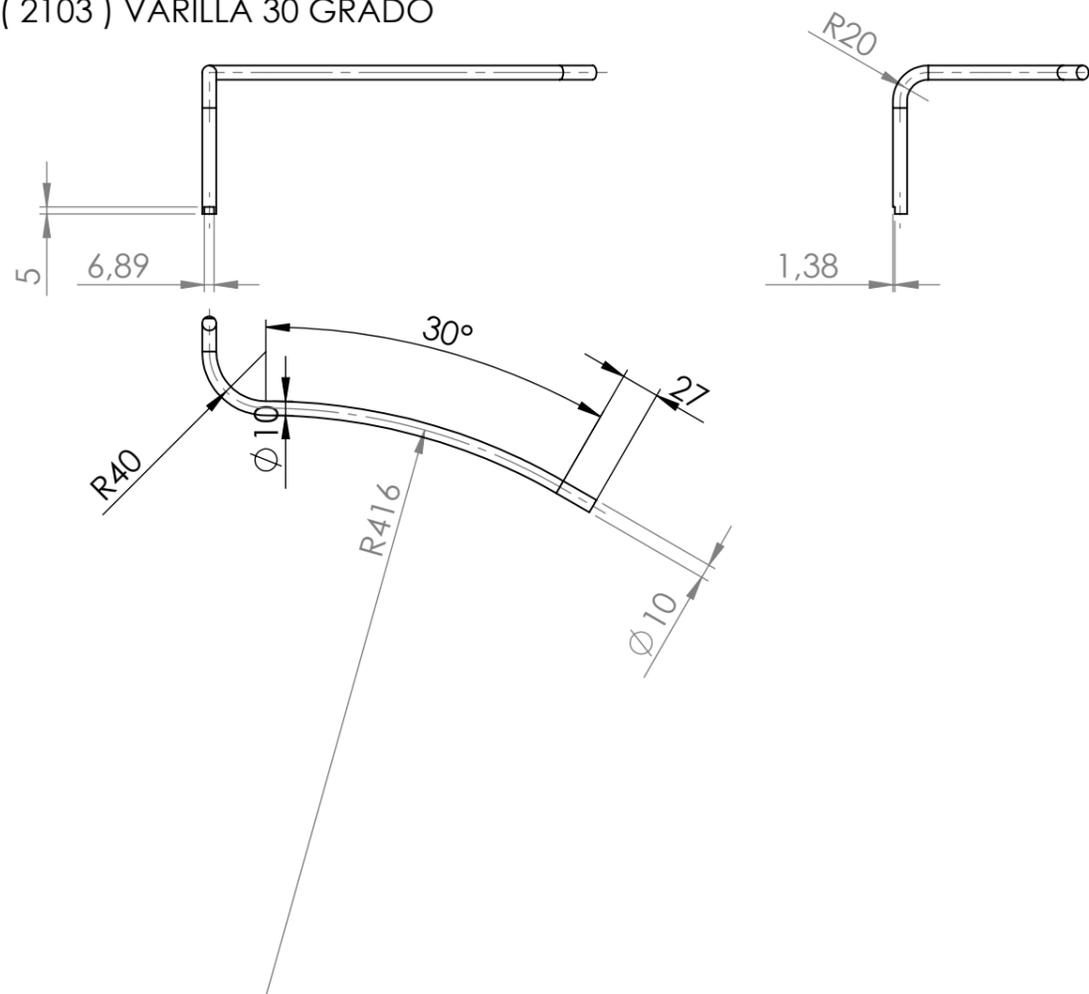
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(21) GUIA + MOTOR



(2103) VARILLA 30 GRADO



17	AM B18.6.7M 5X13-12.2-N		2
16	AM B18.6.7M 8X20-18.8-N		2
15	DIN 1587 - M5 --NNU		2
14	DIN 1587 - M8 --NNU		2
13	DIN 1587 - M4 --NNU		4
12	B18.3.1M - 4 X 0.7 X 16 HEX SHCS -- 16NHX		4
11	SOPORTE2	CHAPA METALICA ANSI 304 4mm	1
10	CLAMP_J651-3	REF JB-CL 210112 (anexo pinza de guía)	1
9	VARILLA024.16.042-02.00.M141		1
8	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 --16N		1
7	VARILLA023.16.042-02.00.M141	Anexo catalogo soporte guia	1
6	TURECA 023.16.042-02.00.X04(PREDETERMINADO)		1
5	TESTINA ORIENTABLE	Anexo catalogo soporte guia	1
4	ACOPAMIENTO DE MORDAZA NEMA 23	ANEXO ACOPLAMIENTO DE MORDAZA	1
3	VARILLA 30 GRADO	VARILLA ACERO ANSI 304	1
2	SOPORTE MOTOR ELECTRICO	CHAPA METÁLICA ANSI 304	1
1	IGUS_MOT-AN-s-060-020-056-m-A-AAA_B6ZIU27Q78S0X34YZKK K8HIG5	MOTOR PASO A PASO	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

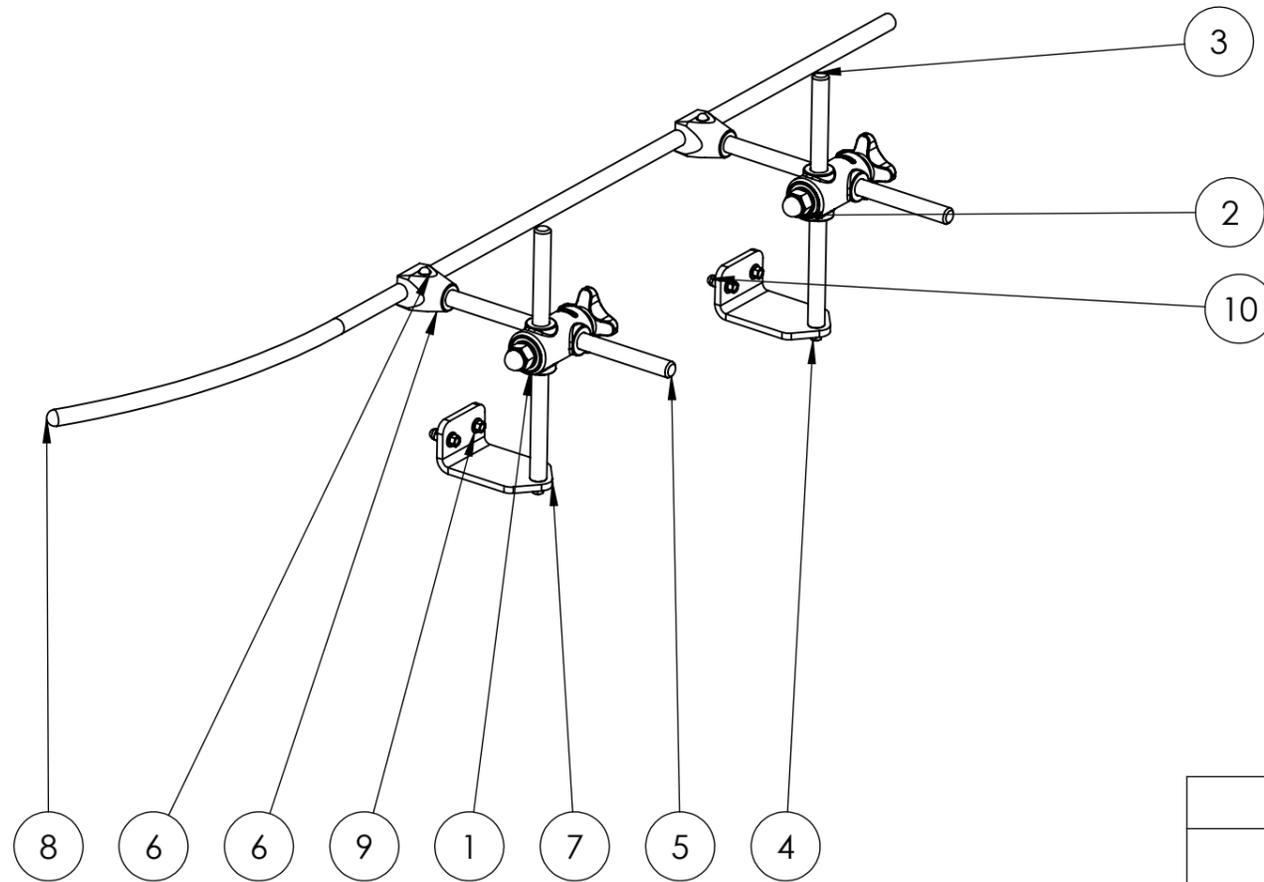
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

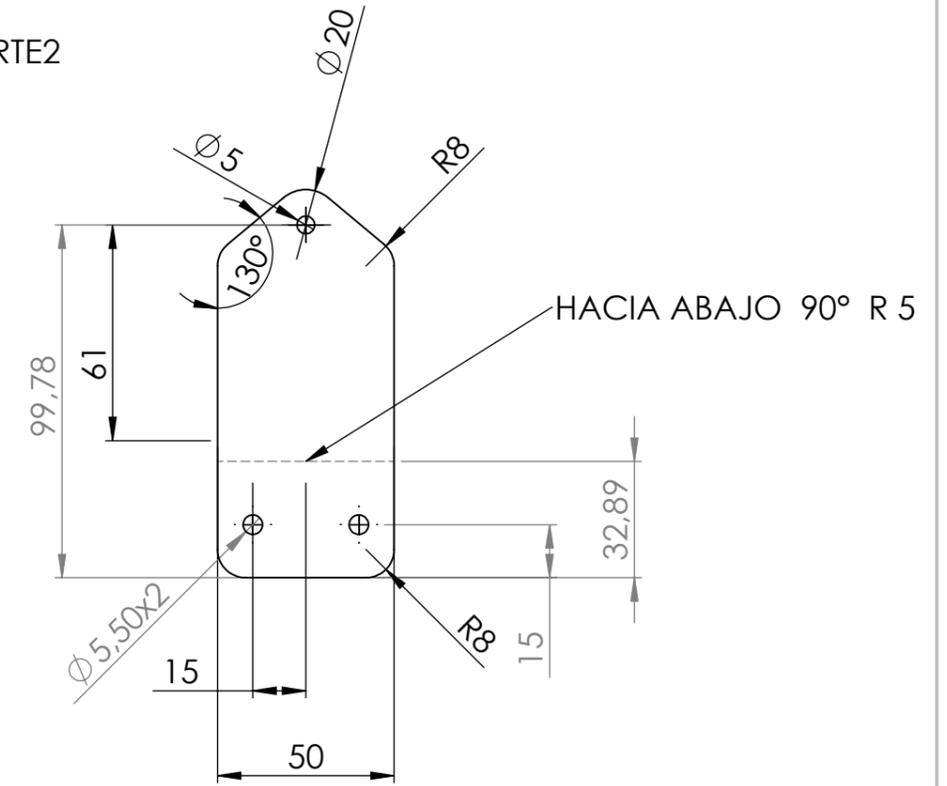
ESCALA:

NUMERO PLANO:

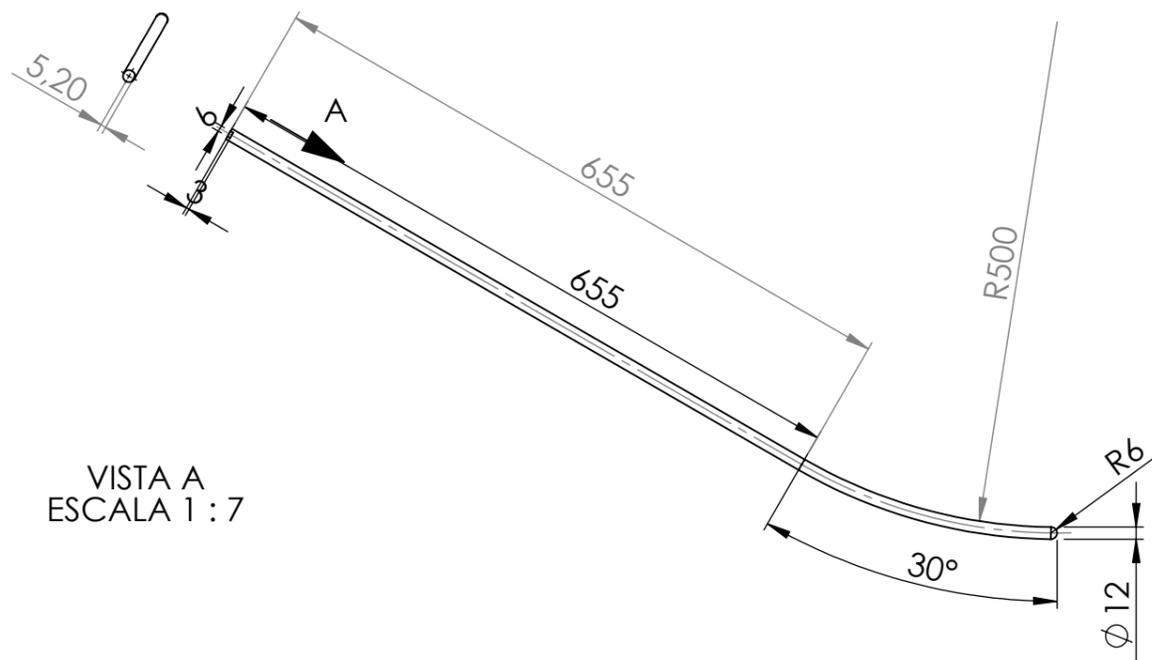
(15) VARILLA 2 + SOPORTE



(1507) SOPORTE2



(1508) VARILLA 2



VISTA A
ESCALA 1 : 7

10	DIN 1587 - M5 --NNU		4
9	AM B18.6.7M 5X13-12.2-N		4
8	VARILLA2	ANSI 304	1
7	SOPORTE2	CHAPA METALICA ANSI 304 4mm	2
6	CLAMP_J651-3	REF JB-CL 210112 (anexo pinza de guía)	2
5	VARILLA024.16.042-02.00.M141		2
4	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 -- 16N		2
3	VARILLA023.16.042-02.00.M141	Anexo catalogo soporte guia	2
2	TURECA 023.16.042-02.00.X04(PREDETERMINADO)		2
1	TESTINA ORIENTABLE	Anexo catalogo soporte guia	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

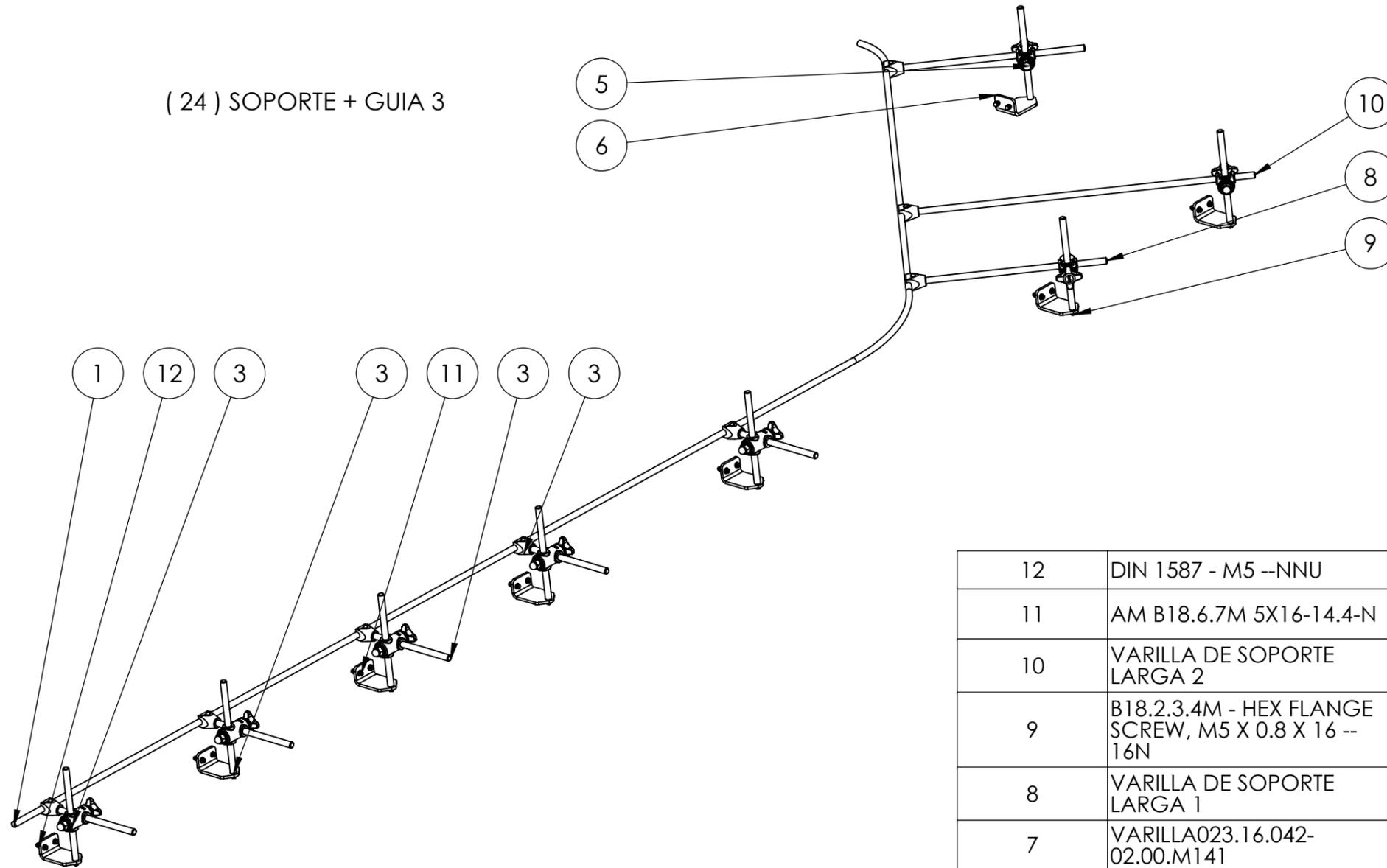
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

NUMERO PLANO:

(24) SOPORTE + GUIA 3



12	DIN 1587 - M5 --NNU		16
11	AM B18.6.7M 5X16-14.4-N		16
10	VARILLA DE SOPORTE LARGA 2		1
9	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 -- 16N		3
8	VARILLA DE SOPORTE LARGA 1		2
7	VARILLA023.16.042-02.00.M141	Anexo catalogo soporte guia	3
6	SOPORTE2	CHAPA METALICA ANSI 304 4mm	3
5	TURECA 023.16.042-02.00.X04(PREDETERMINADO)		3
4	TESTINA ORIENTABLE	Anexo catalogo soporte guia	3
3	SOPORTE LATERAL		5
2	CLAMP_J651-3	REF JB-CL 210112 (anexo pinza de guía)	3
1	VARILLA3	ANSI 304	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

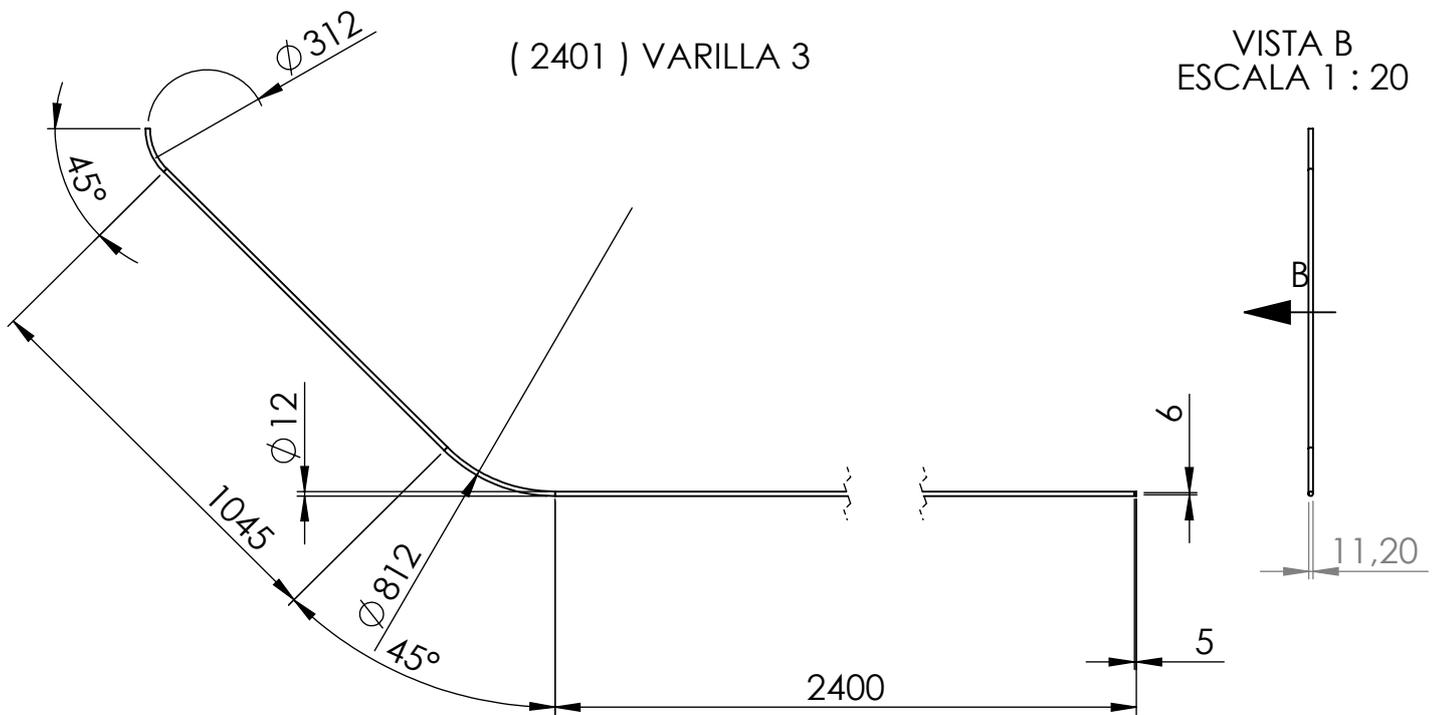
FIRMA

NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

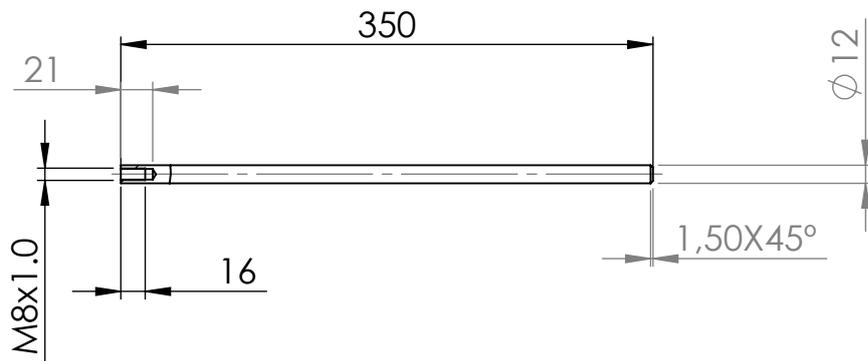
FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

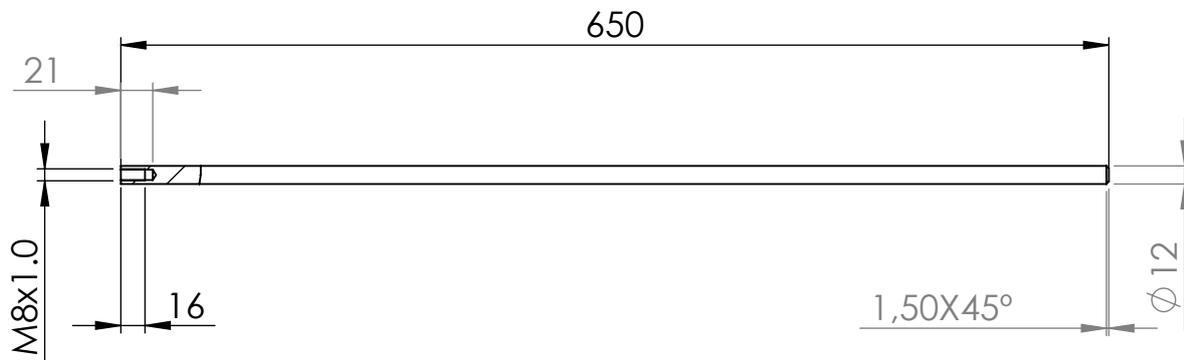
NUMERO PLANO:



(2408) VARILLA DE SOPORTE LARGA 1



(2410) VARILLA DE SOPORTE LARGA 1



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A4V

FIRMA

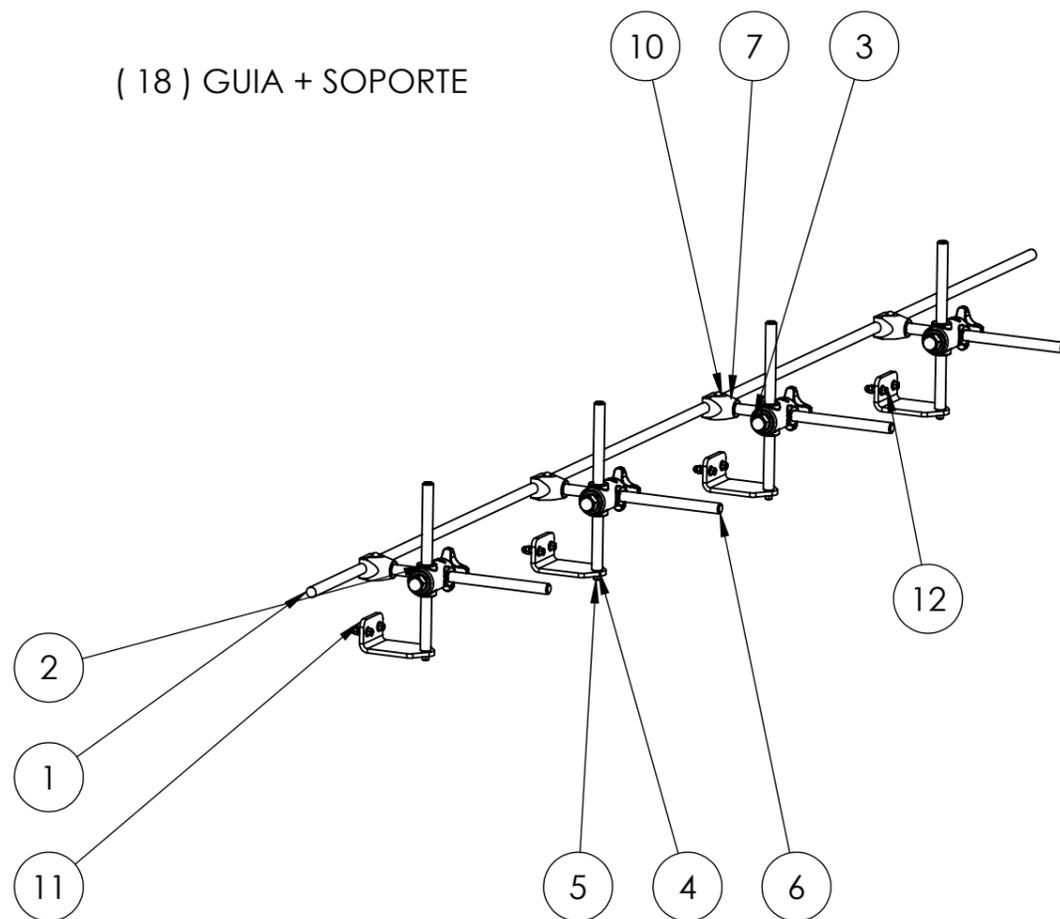
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

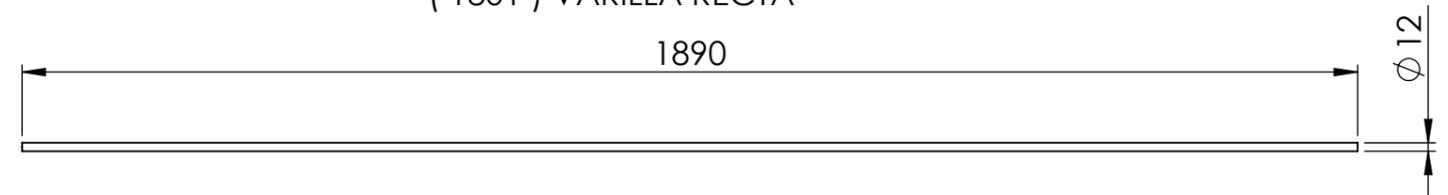
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(18) GUIA + SOPORTE



(1801) VARILLA RECTA



12	AM B18.6.7M 5X16-14.4-N		8
11	SOPORTE2	CHAPA METALICA ANSI 304 4mm	4
10	DIN 1587 - M5 --NNU		12
7	CLAMP_J651-3_01		4
6	VARILLA024.16.042-02.00.M141		4
5	B18.2.3.4M - HEX FLANGE SCREW, M5 X 0.8 X 16 -- 16N		4
4	VARILLA023.16.042-02.00.M141	Anexo catalogo soporte guia	4
3	TURECA 023.16.042-02.00.X04(PREDETERMINAD O)		4
2	TESTINA ORIENTABLE	Anexo catalogo soporte guia	4
1	VARILLA RECTA	ANSI 304	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

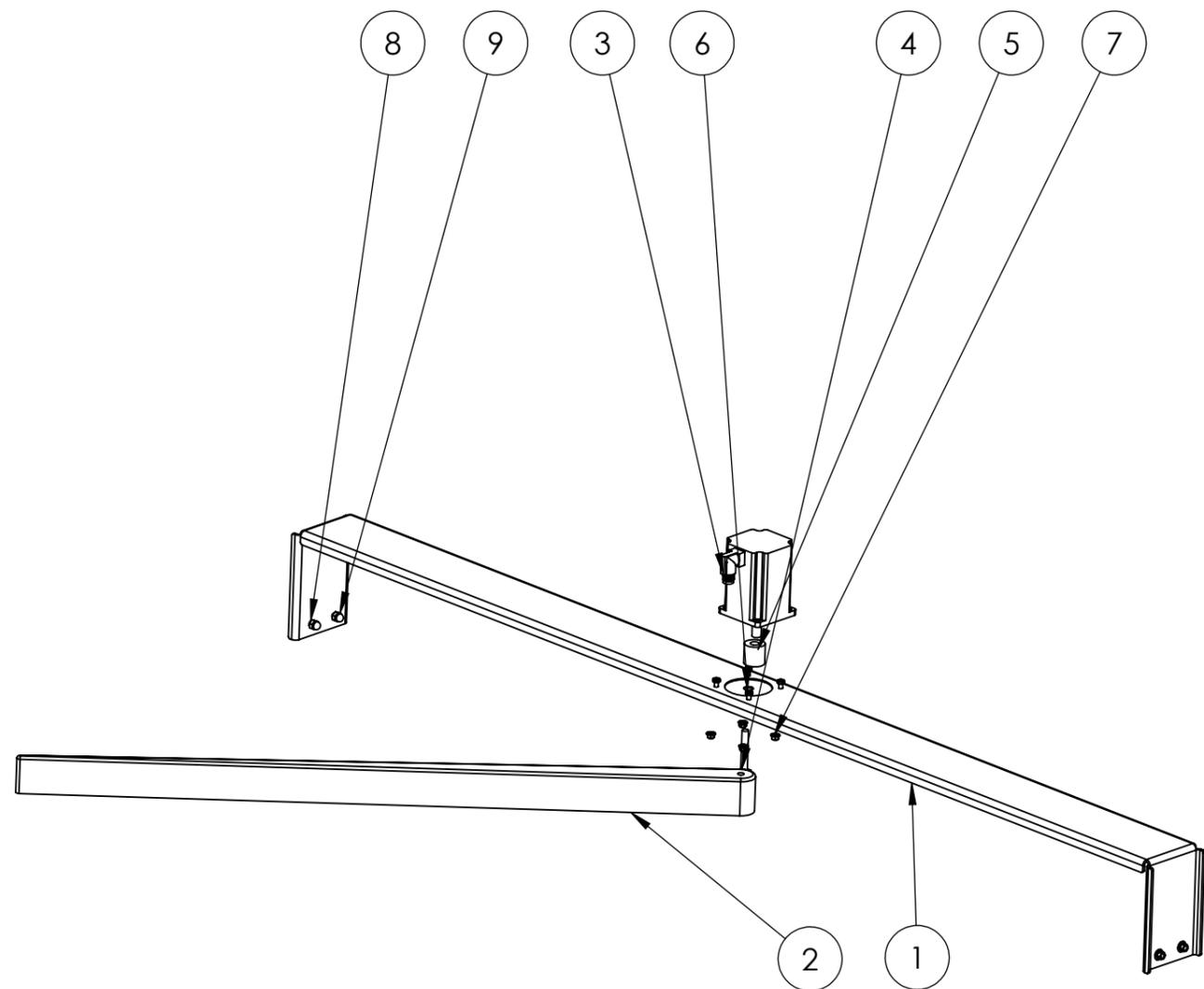
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

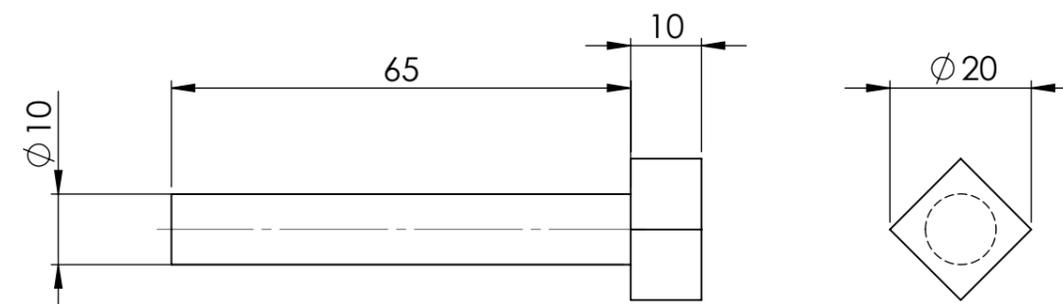
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(11) CONJUNTO GUIA CENTRAL



(1104) PERNOS CON CABEZA CUADRADA



9	DIN 1587 - M8 --NNU		4
8	AM B18.6.7M 8X20-18.8-N		4
7	AM-M6-N		4
6	B18.2.3.2M - FORMED HEX SCREW, M6 X 1.0 X 20 -- 20WN		4
5	ACOPAMIENTO DE MORDAZA	ACOPAMIENTO IGUS (ANEXO ACOPAMIENTO)	1
4	PERNO CON CABEZA CUADRADA	MECANIZADO	1
3	IGUS_MOT-AN-s-060-059-086-m-A-AAAA_A7L5HE0VHGQPIO NIXGMWH1JFD	MOTOR PASO A PASO (ANEXO MOTOR IGUS)	1
2	GUIA MECANIZADA	APM 1000	1
1	ESTRUCTURA DE SOPORTE	CHAPA METALICA AISI 304 4mm	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

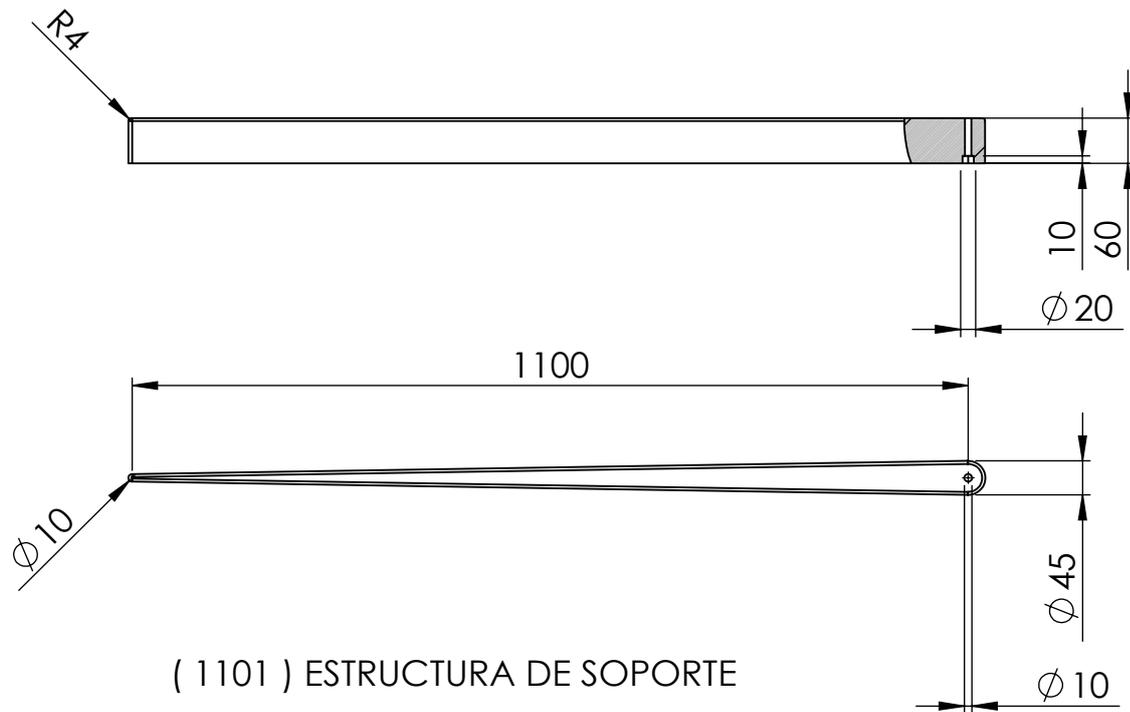
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

NUMERO PLANO:

(1102) GUÍA MECANIZADA

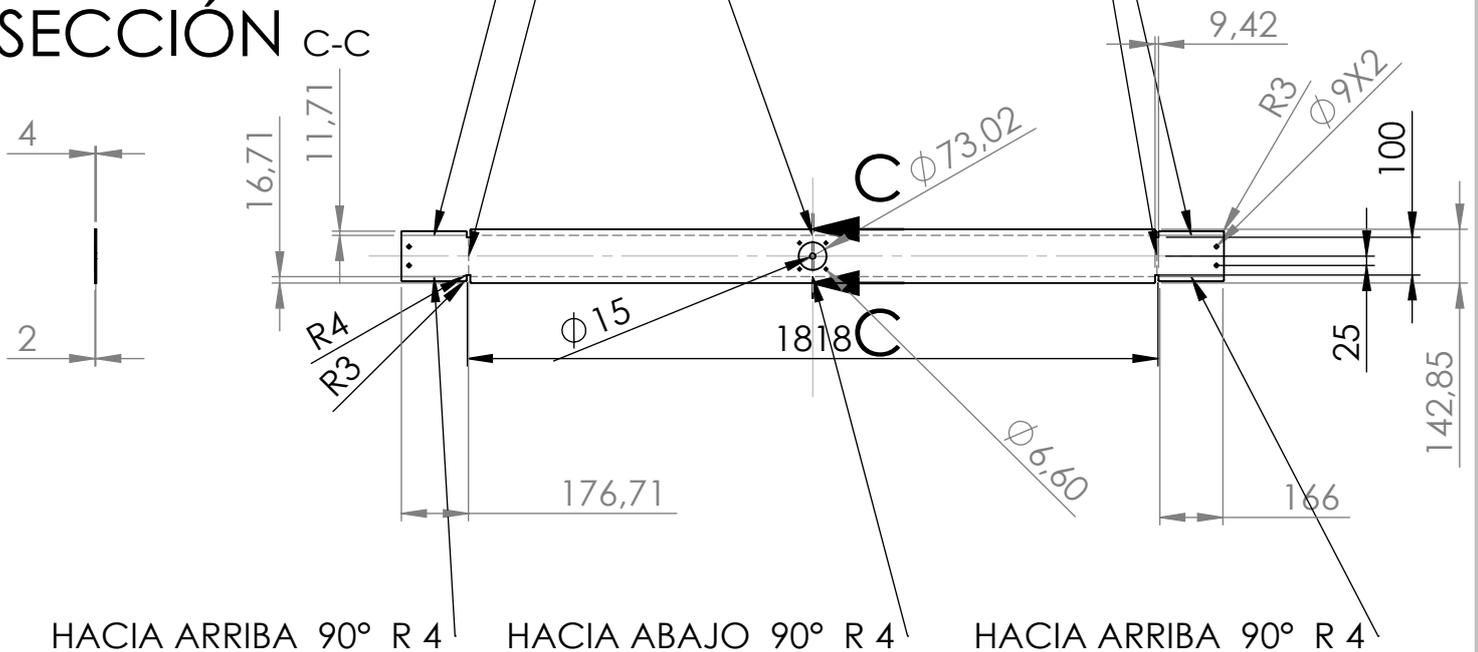


(1101) ESTRUCTURA DE SOPORTE

HACIA ABAJO 90° R 4
HACIA ARRIBA 90° R 4

HACIA ARRIBA 90° R 4
HACIA ABAJO 90° R 4
HACIA ABAJO 90° R 4

SECCIÓN C-C



HACIA ARRIBA 90° R 4

HACIA ABAJO 90° R 4

HACIA ARRIBA 90° R 4



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A4V

FIRMA

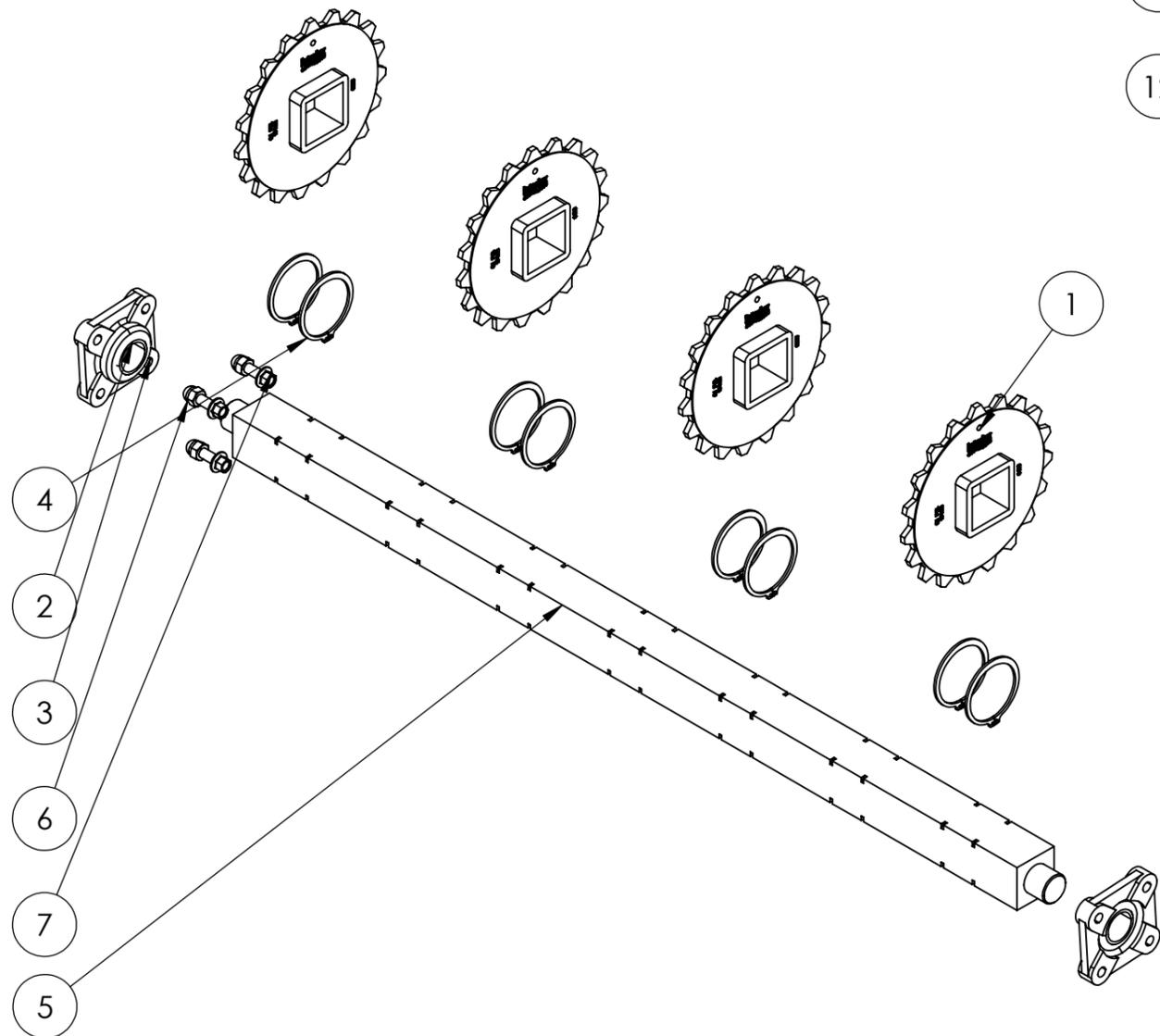
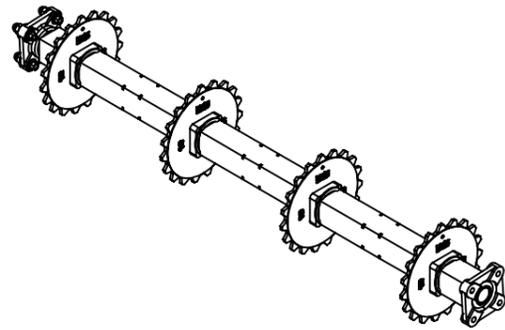
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

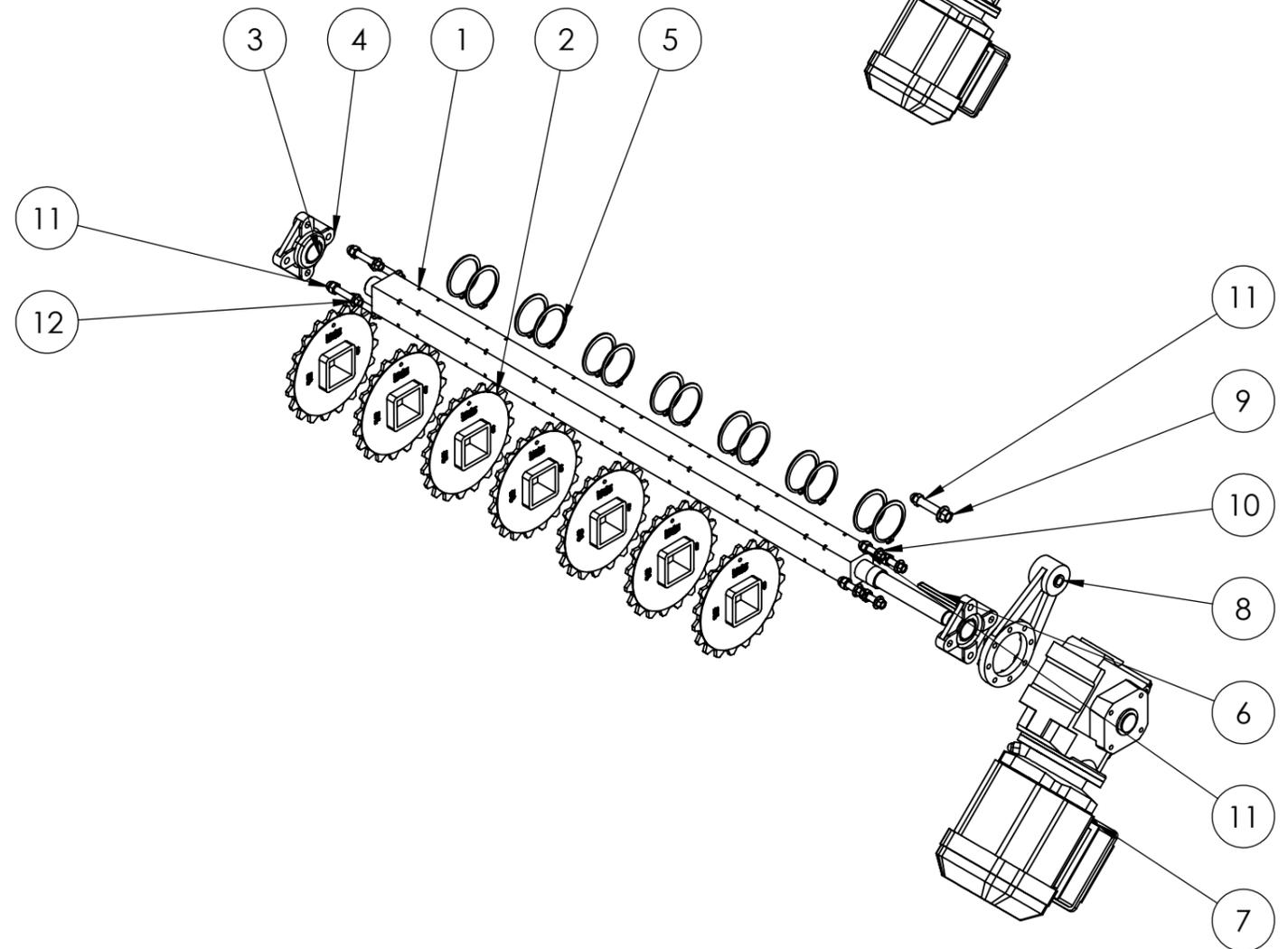
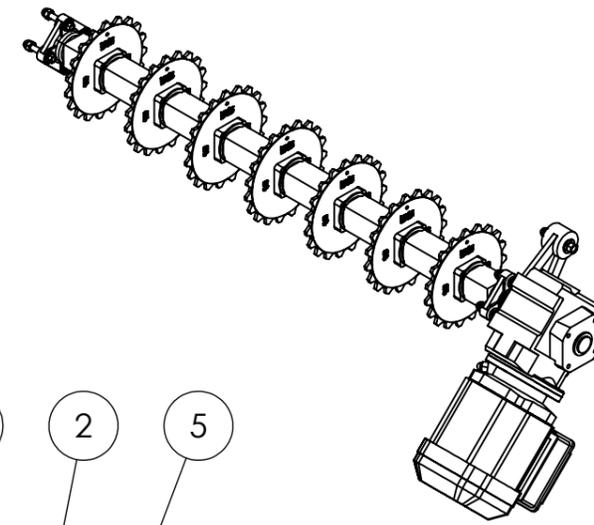
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(3) CONJUNTO EJE RETORNO



(2) CONJUNTO EJE MOTRIZ



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	TÍTULO:
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:	NUMERO PLANO:

(2) CONJUNTO EJE MOTRIZ

12	AM B18.6.7M 8x45-43.5-N		4
11	DIN 1587 - M8 --NNU		9
10	AM B18.6.7M 8x25-22.5-N		4
9	AM B18.6.7M 10x50-47-N		1
8	soporte T motor		1
7	motorreductor		1
6	Parallel key A6 x 6 x 70 DIN 6885	304	1
5	Circlip DIN 471 - 52 x 2	304	14
4	EFSM-25-0.stp	ESFM-25J 4-HOLE	2
3	EFSM-25.stp	ALUMINIO ANODIZADO DURO	2
2	Engranajes serie 100 s0100_19t_155mmpd_40m m_sq	ACETAL	7
1	Eje motriz	304	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	Description	CANTIDAD

(3) CONJUNTO EJE RETORNO

7	AM B18.6.7M 8x25-22.5-N		4
6	DIN 1587 - M8 --NNU		4
5	Eje retorno	304	1
4	Circlip DIN 471 - 52 x 2	304	8
3	EFSM-25-0.stp	ESFM-25J 4-HOLE	2
2	EFSM-25.stp	ESFM-25J 4-HOLE	2
1	Engranajes serie 100 s0100_19t_155mmpd_40m m_sq	ACETAL	4
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	Description	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A4V

FIRMA

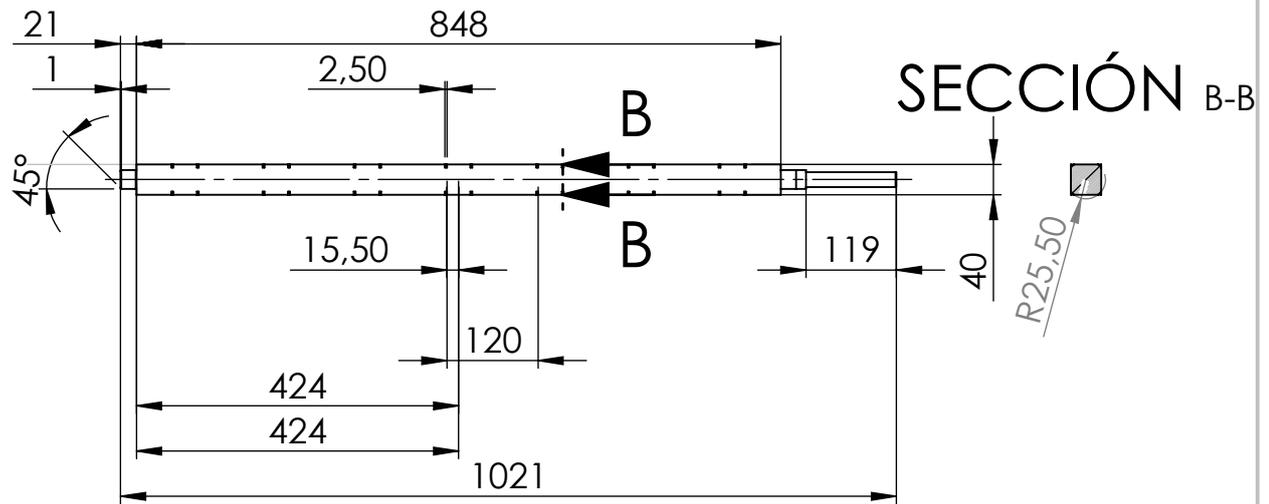
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

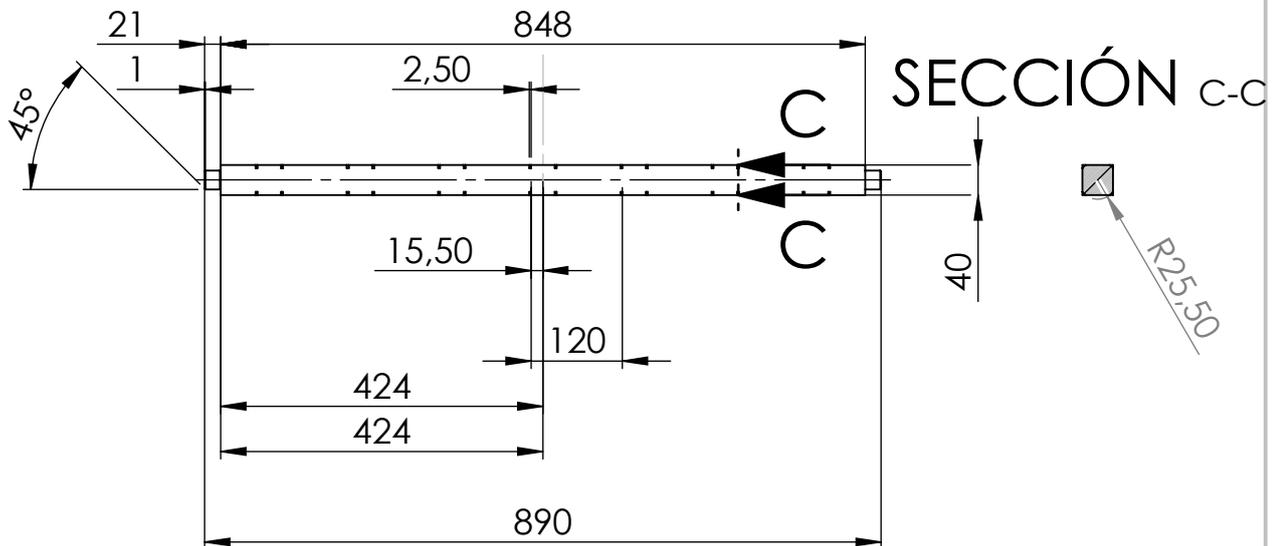
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(0201) EJE MOTRIZ



(0205) EJE RETORNO



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A4V

FIRMA

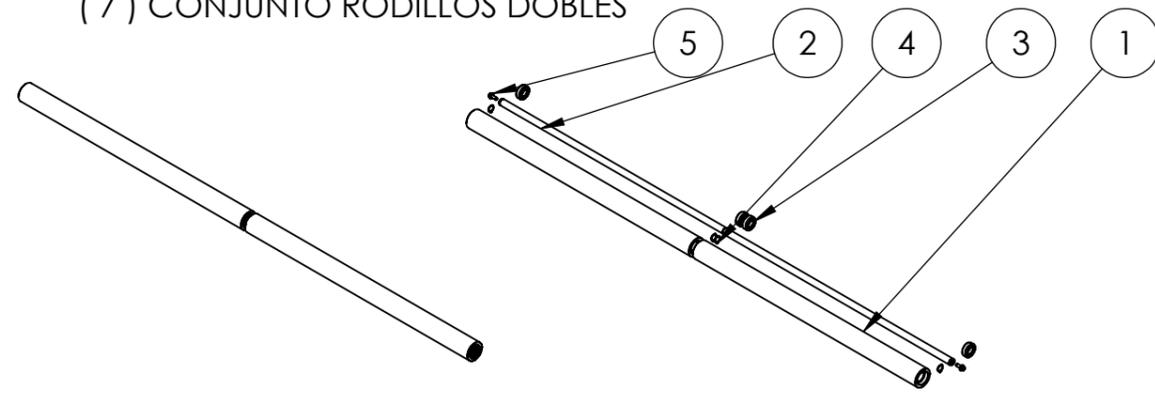
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

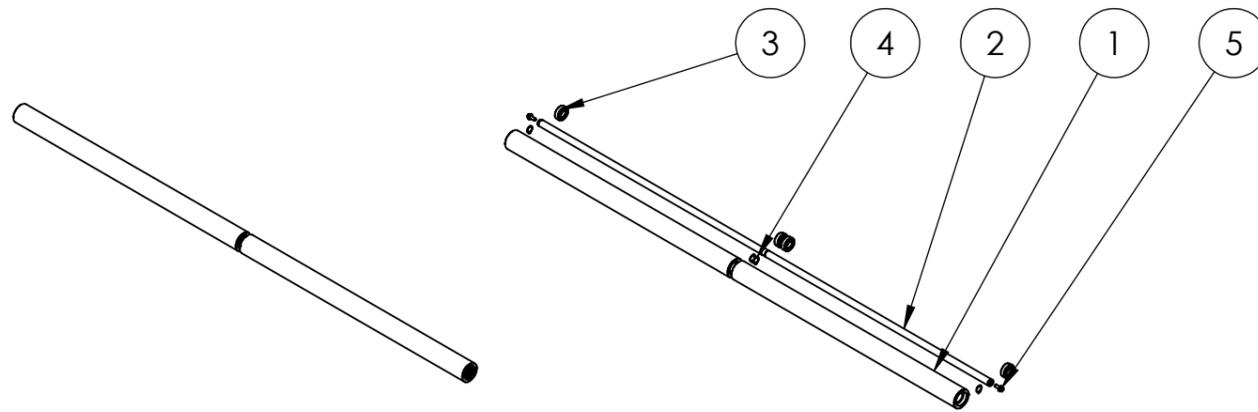
NUMERO PLANO:

(7) CONJUNTO RODILLOS DOBLES



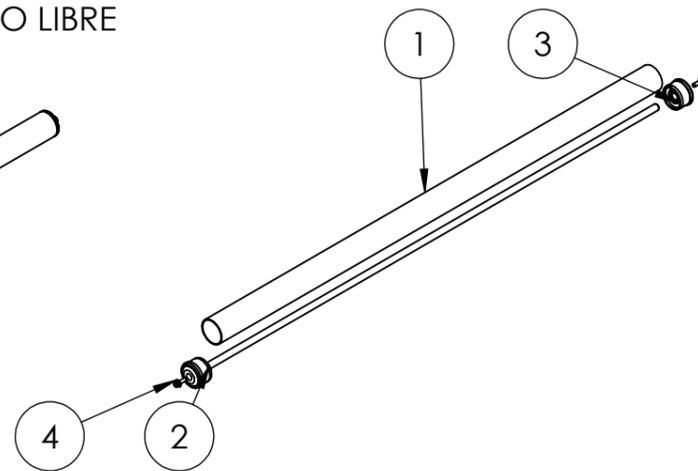
5	AM B18.6.7M 8x20-18.8-N		2
4	B27.7M - 3AM1-19		4
3	Rodamiento rodillo grande ROD 6004 AISI 304 FAG		4
2	eje doble	AISI 304	1
1	cuerpo	APM 1000	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

(6) CONJUNTO RODILLOS DOBLES PEQUEÑOS



5	AM B18.6.7M 8x20-18.8-N		2
4	B27.7M - 3AM1-19		4
3	Rodamiento rodillo grande ROD 6004 AISI 304 FAG		4
2	eje doble	AISI 304	1
1	cuerpo	APM 1000	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

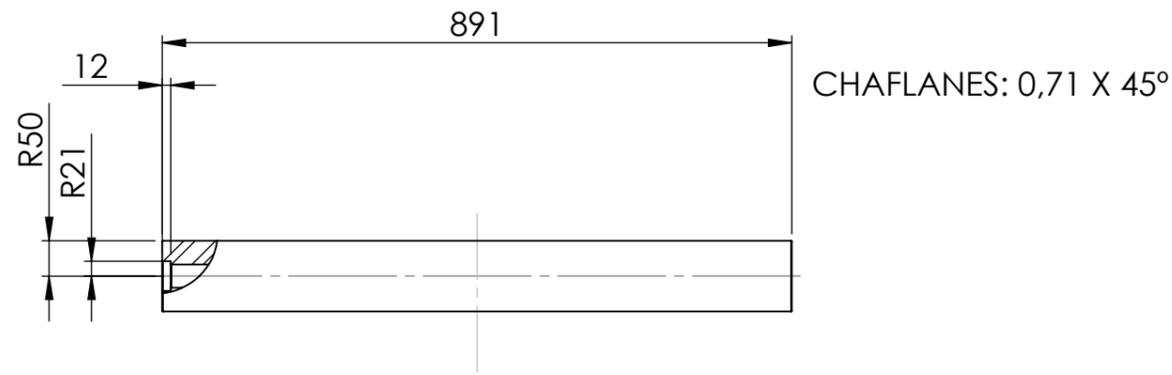
(8) CONJUNTO RODILLO LIBRE



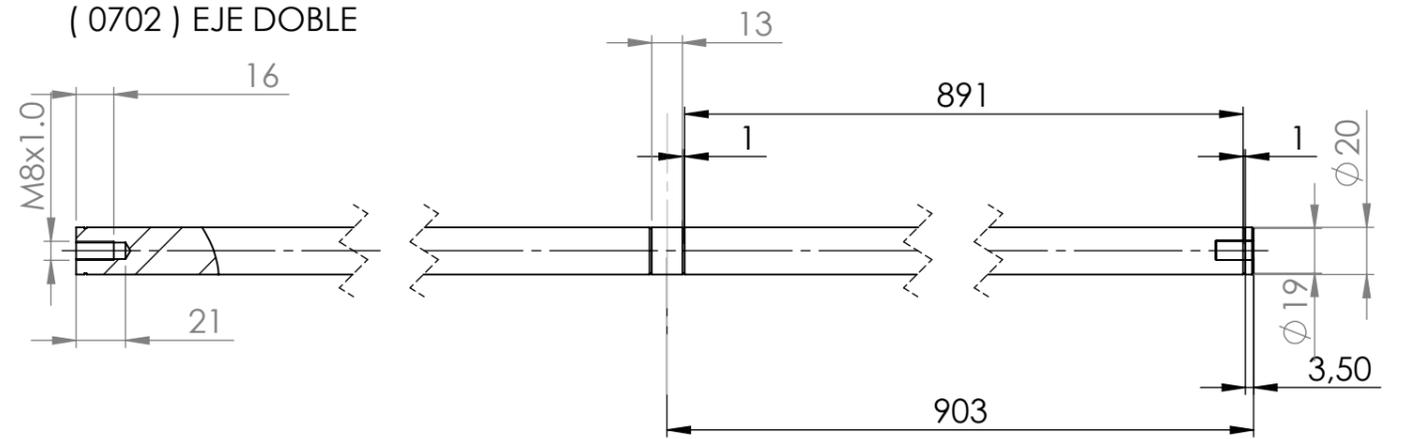
4	AM B18.6.7M 5x16-14.4-N		2
3	tapón rodillo CODIMAR 40-10 SM		2
2	eje rodillo libre		1
1	cuerpo rodillo		1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	FECHA: 09/07/2020
		ESCALA:	NUMERO PLANO:	

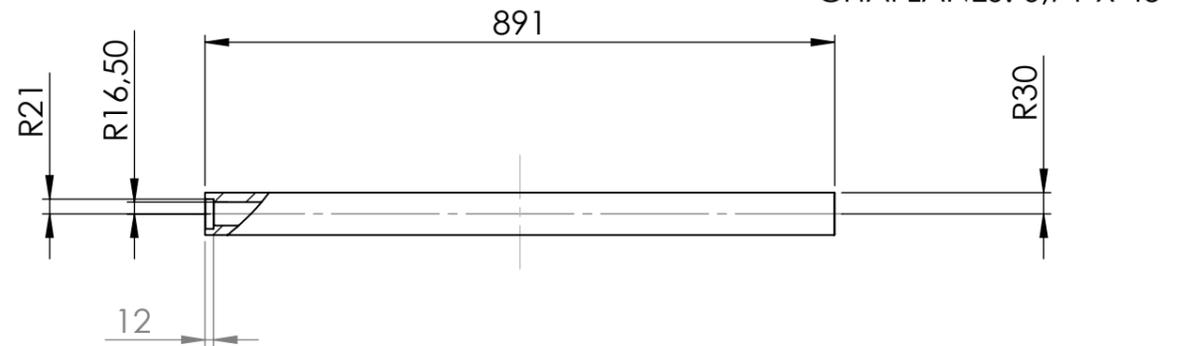
(0701) CUERPO DESLIZANTE



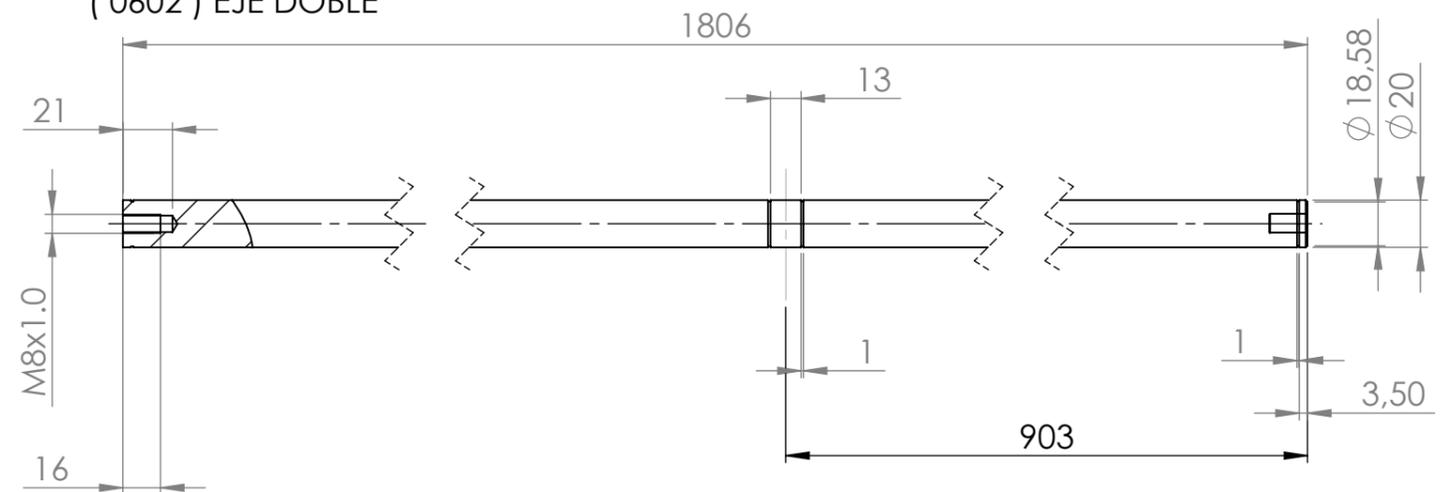
(0702) EJE DOBLE



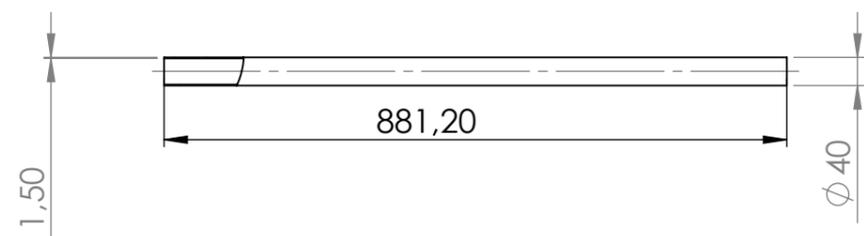
(0601) CUERPO DESLIZANTE



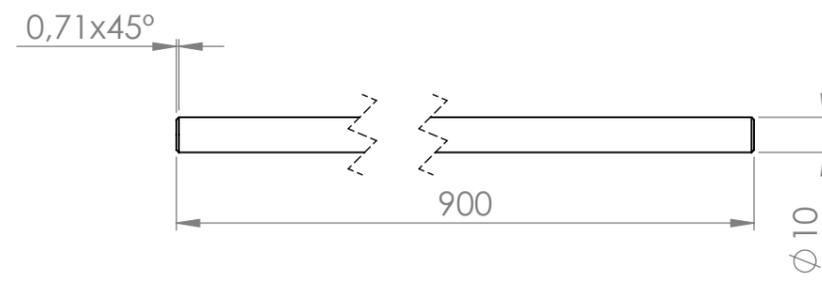
(0602) EJE DOBLE



(0801) CUERPO



(0801) EJE



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

PLANTILLA
A3H

FIRMA

TÍTULO:

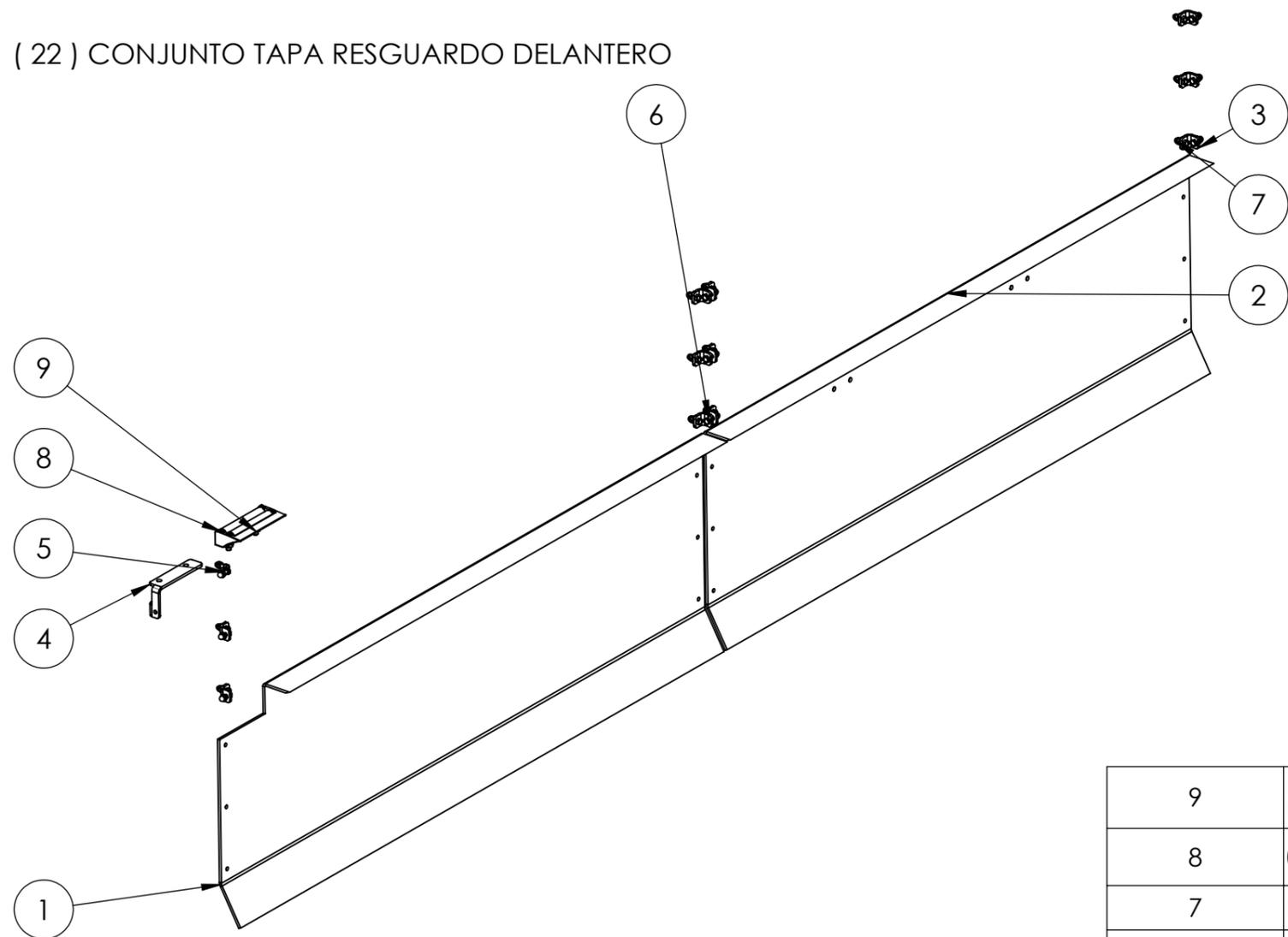
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

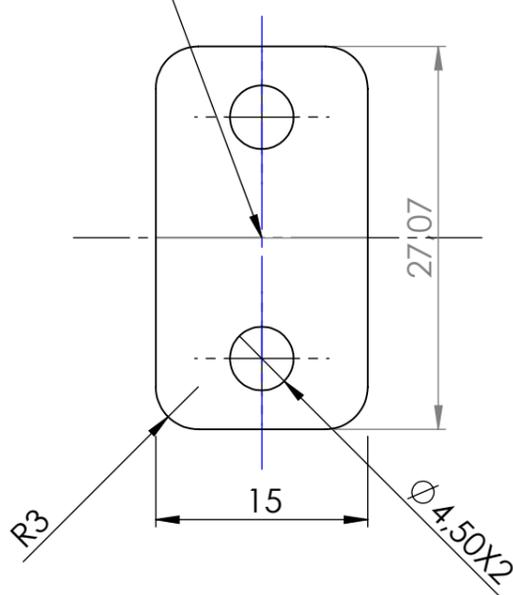
NUMERO PLANO:

(22) CONJUNTO TAPA RESGUARDO DELANTERO



(2203) CONJUNTO TAPA RESGUARDO DELANTERO

HACIA ARRIBA 90° R 3



9	B18.2.4.5M - HEX JAM NUT, M6 X 1 --D-N		2
8	023.16.042-02.00.X0125		1
7	DIN 1587 - M4 --NNU		21
6	B18.6.7M - M4 X 0.7 X 16 INDENTED HHMS --16N		3
5	B18.6.7M - M4 X 0.7 X 10 INDENTED HHMS --10N		18
4	SOPORTE DEL MODULO DE TRANSFERENCIA	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
3	ELEMENTO DE UNION	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	11
2	Tapa transportador	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
1	TAPA TRANSPORTADOR PRINCIPAL	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

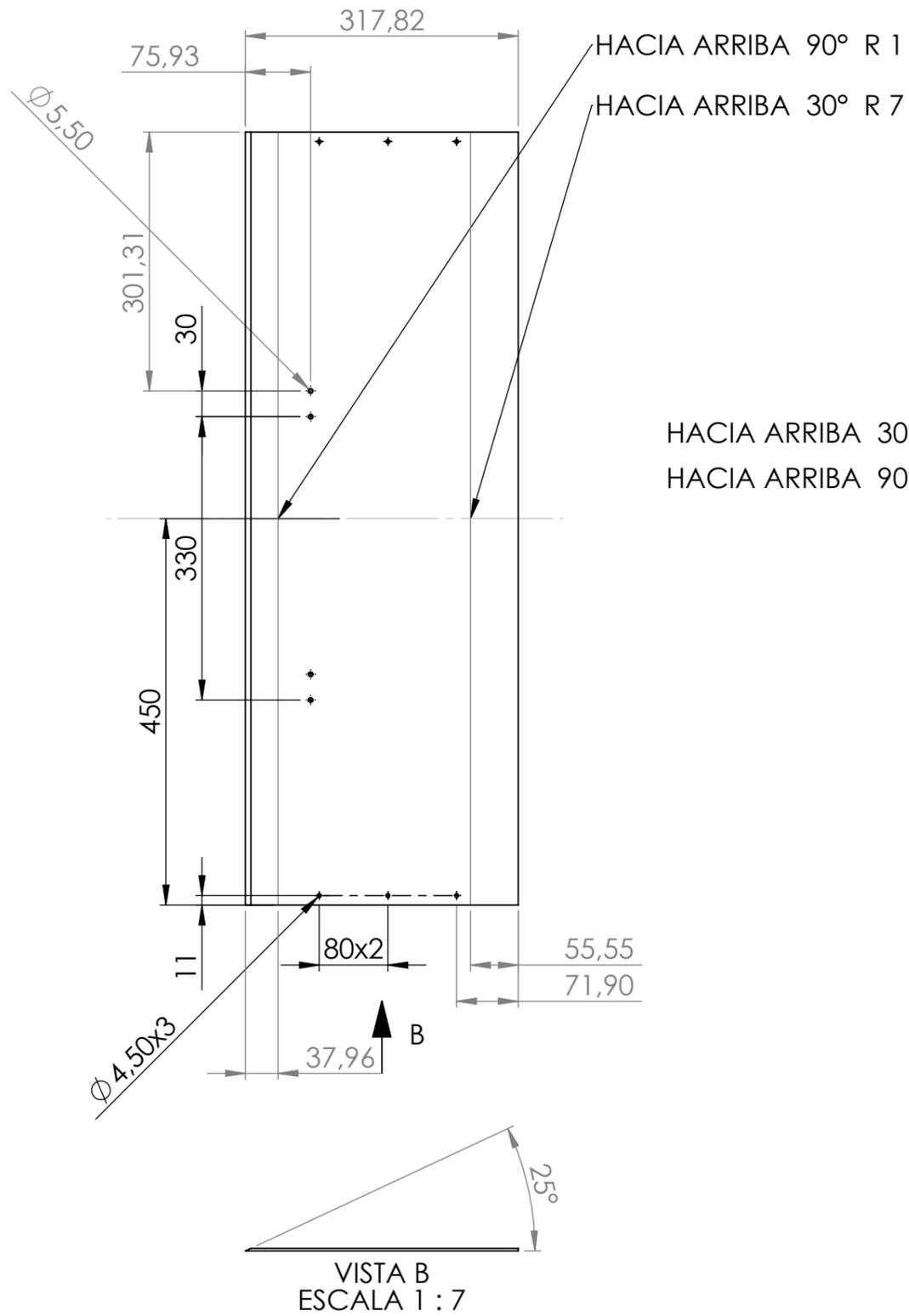
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

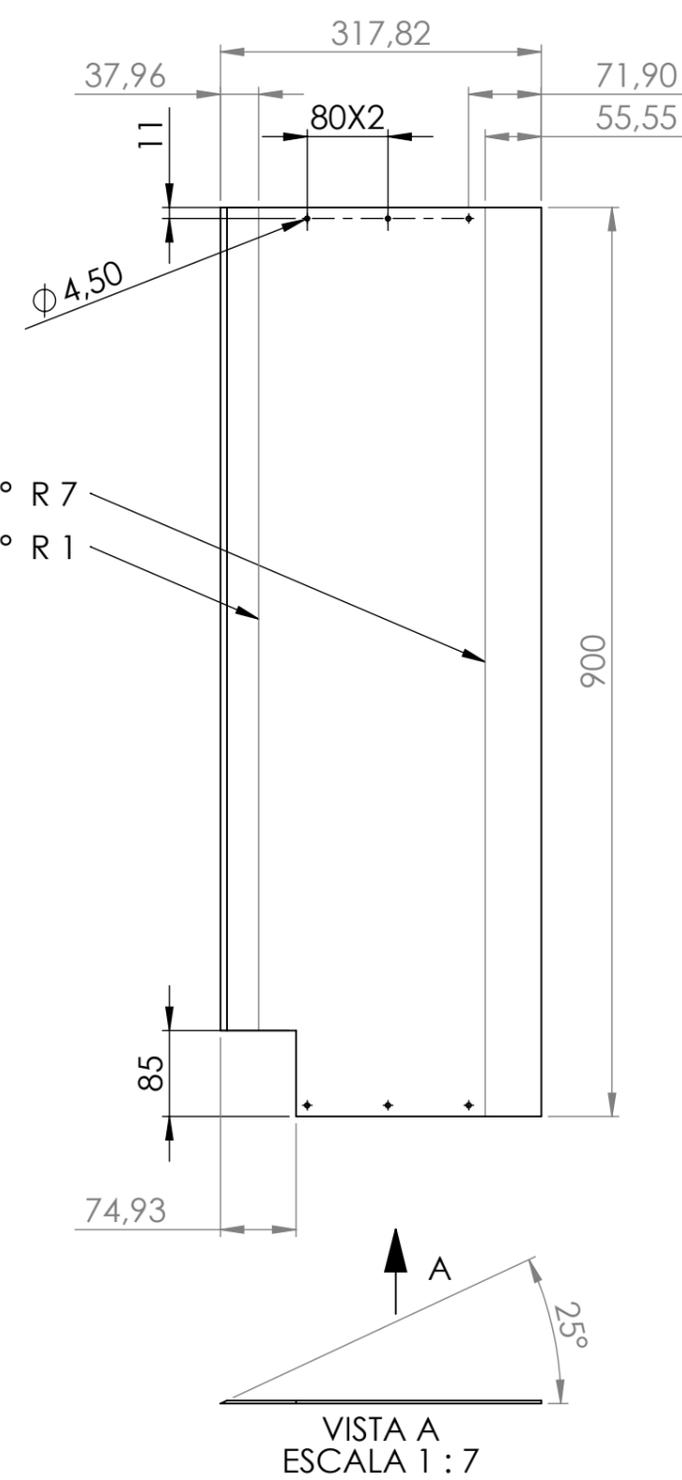
ESCALA:

NUMERO PLANO:

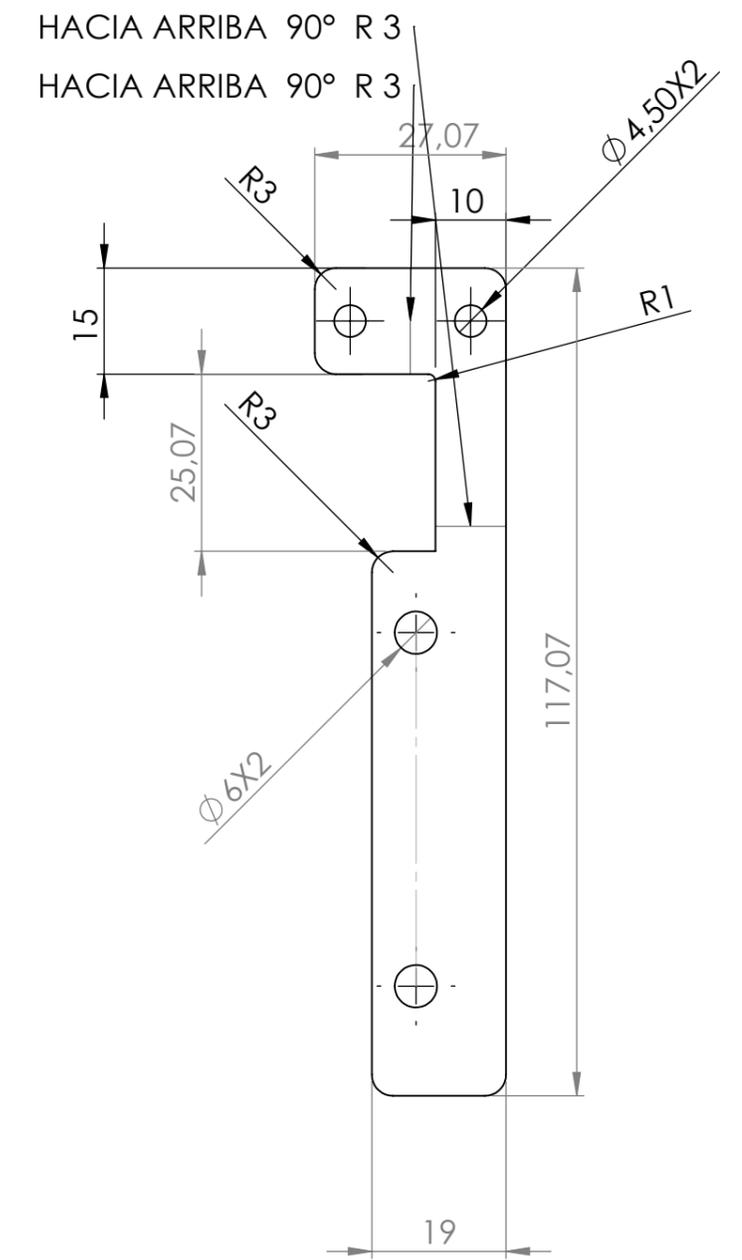
(2202) TAPA TRANSPORTADOR



(2201) TAPA TRANSPORTADOR

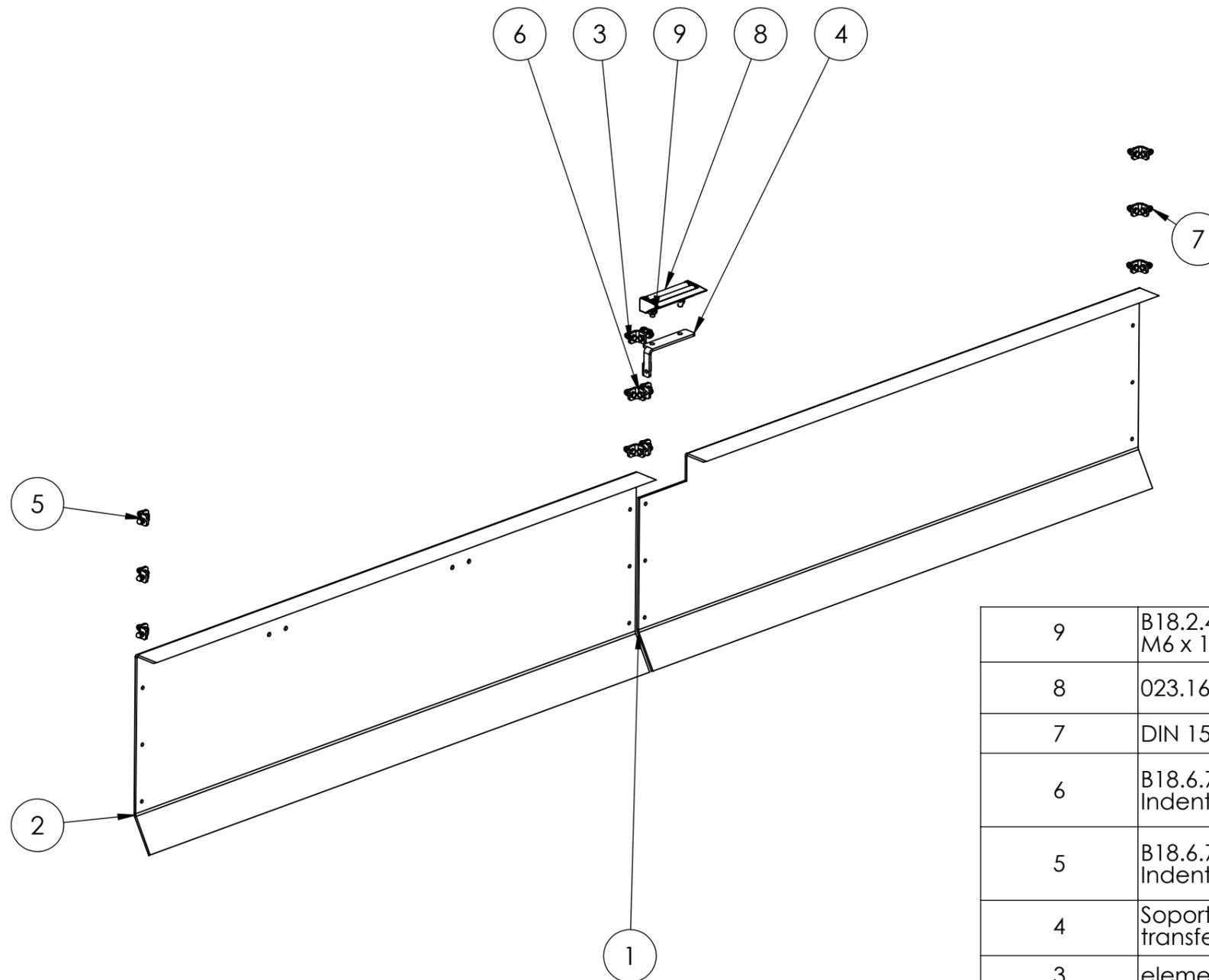


(2204) SOPORTE DEL MODULO DE TRANSFERENCIA



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	PLANTILLA A3H	FIRMA	TÍTULO:	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA:	NUMERO PLANO:

(23) CONJUNTO TAPA RESGUARDO TRASERO



9	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M6 x 1 --D-N		2
8	023.16.042-02.00.X0125		1
7	DIN 1587 - M4 --NNU		21
6	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 16 Indented HHMS --16N		3
5	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 10 Indented HHMS --10N		18
4	Soporte del modulo de transferecia	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
3	elemento de union	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	11
2	Tapa transportador	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
1	Tapa transportador principal	CHAPA METALICA AISI 304 3mm	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

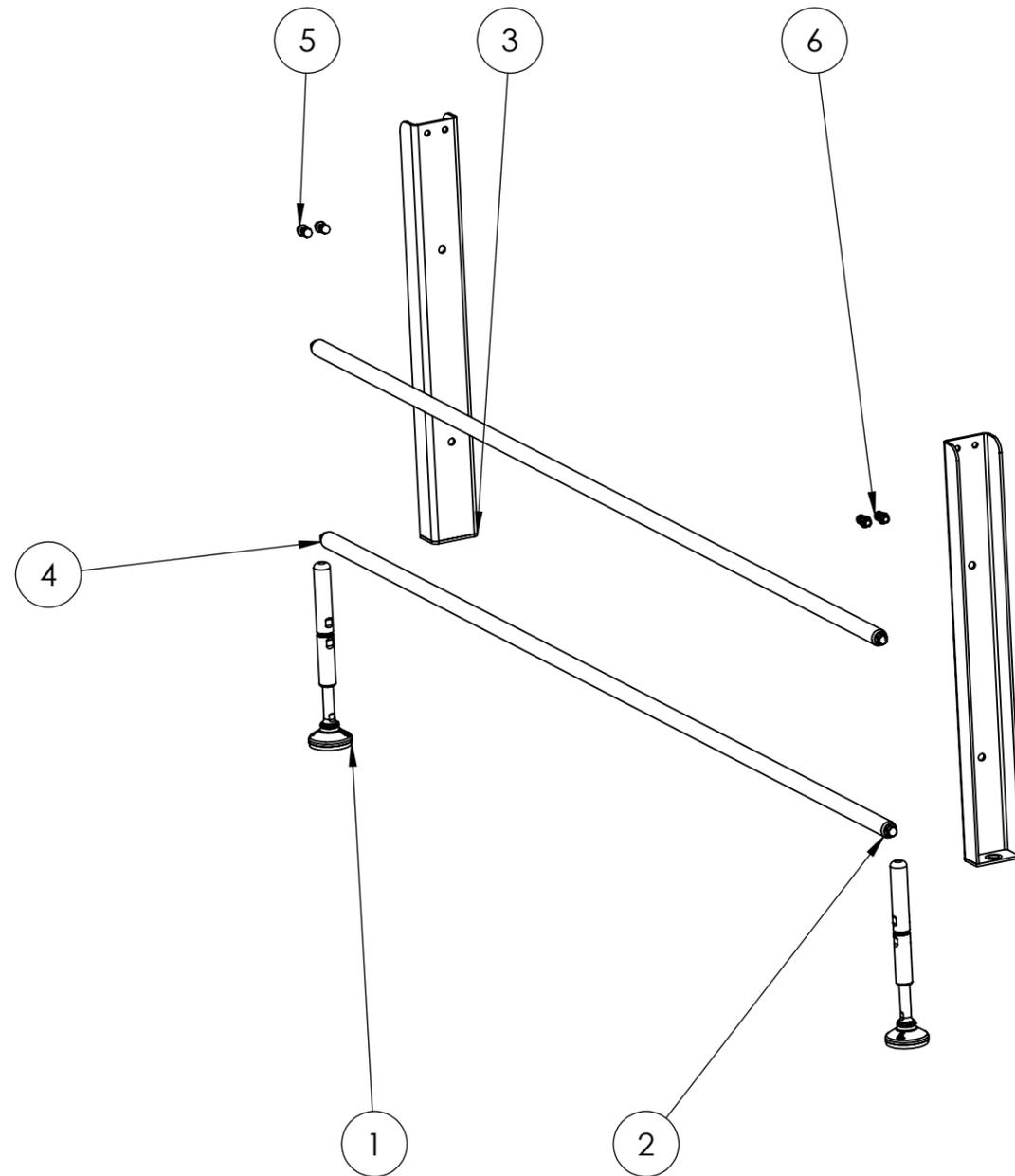
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

ESCALA:

NUMERO PLANO:

(20) PATA CON REFUERZO



6	DIN 1587 - M8 --NNU		4
5	AM B18.6.7M 8x16-14.8-N		4
4	B18.2.3.4M - Hex flange screw, M10 x 1.5 x 20 -- 20N		4
3	Cuerpo pata	CHAPA METALICA AISI 304 4mm	2
2	varilla de sujecion	VARILLA AISI 304	2
1	023.16.042-02.00.X0565	NGI XH065-XH16210-RHOX1680 AISI 304 (anexo pata limpia)	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A3H

FIRMA

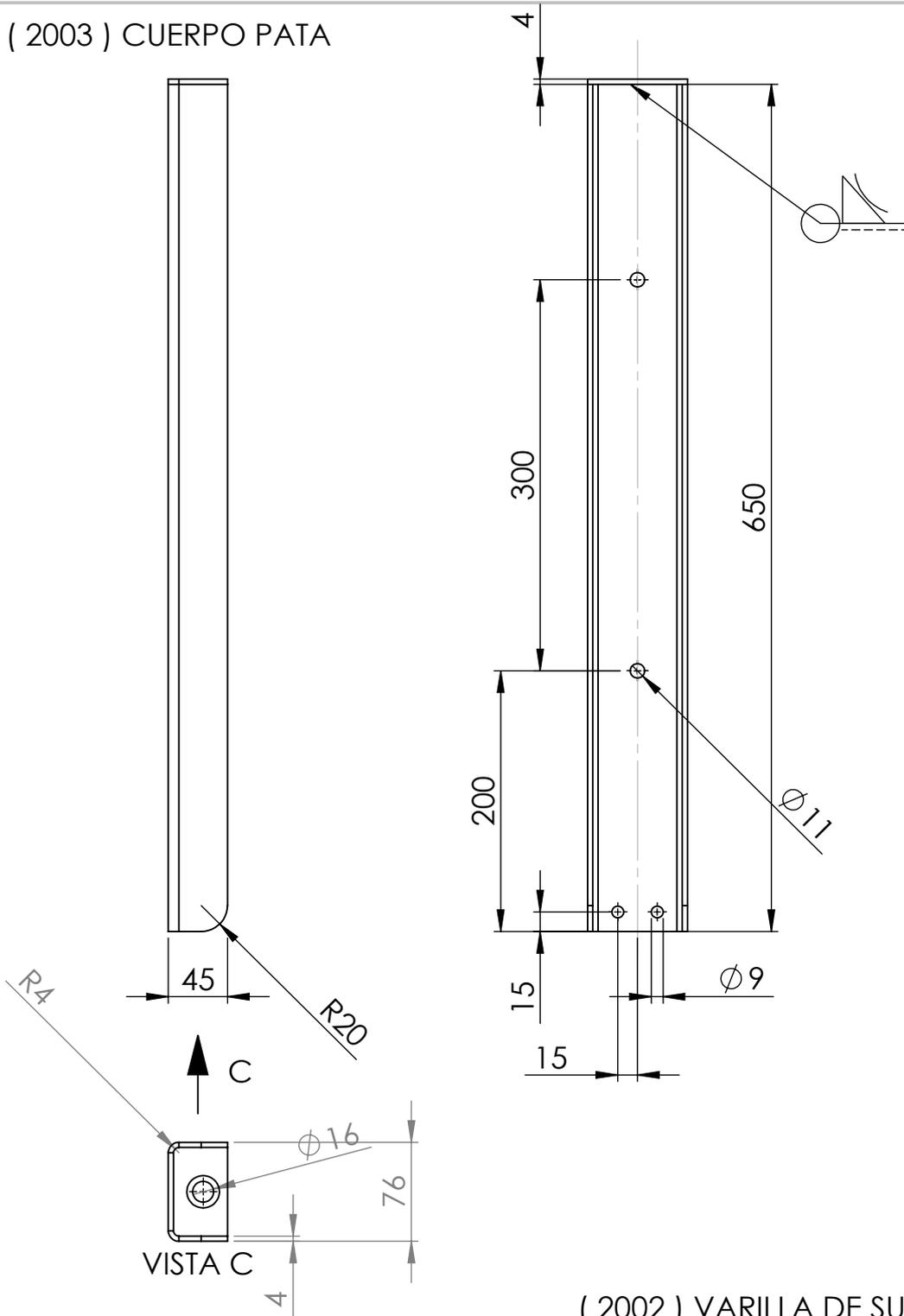
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

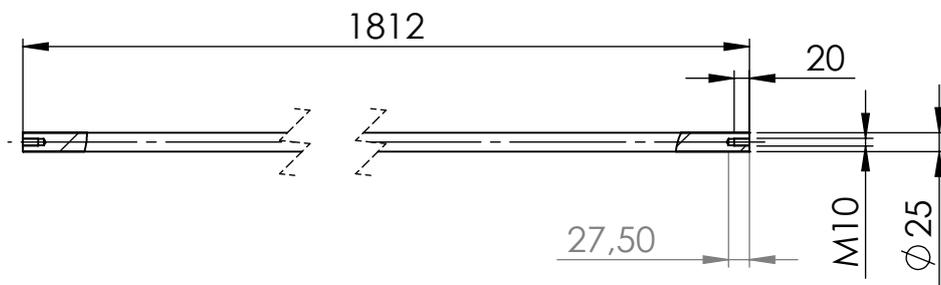
ESCALA:

NUMERO PLANO:

(2003) CUERPO PATA



(2002) VARILLA DE SUJECION



UNIVERSIDAD POLITECNICA
DE CARTAGENA

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA

TÍTULO:

PLANTILLA
A4V

FIRMA

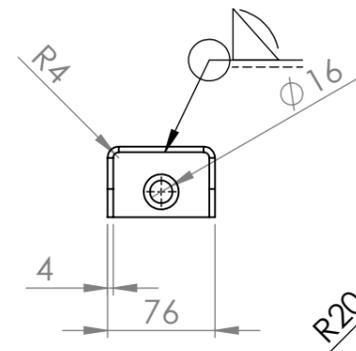
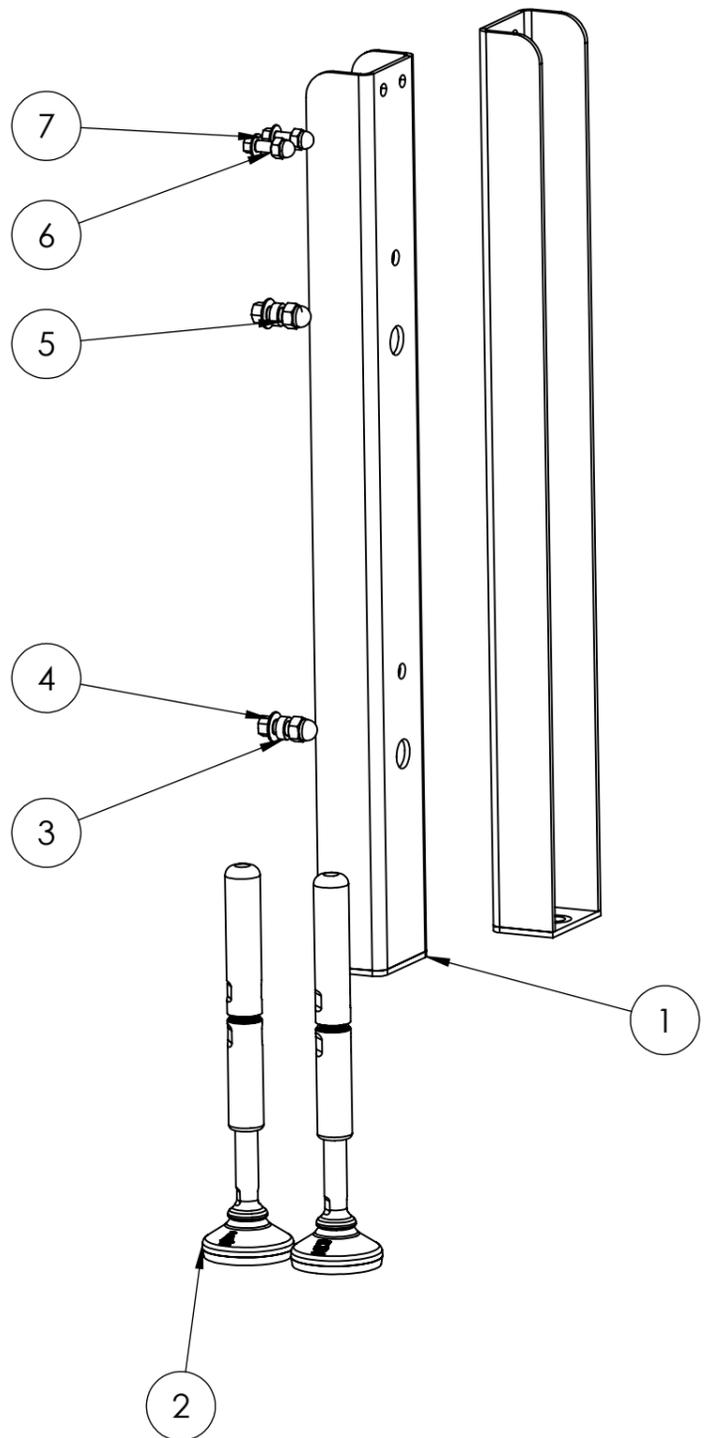
NOMBRE: XIAOBIN ZHOU

FECHA: 09/07/2020

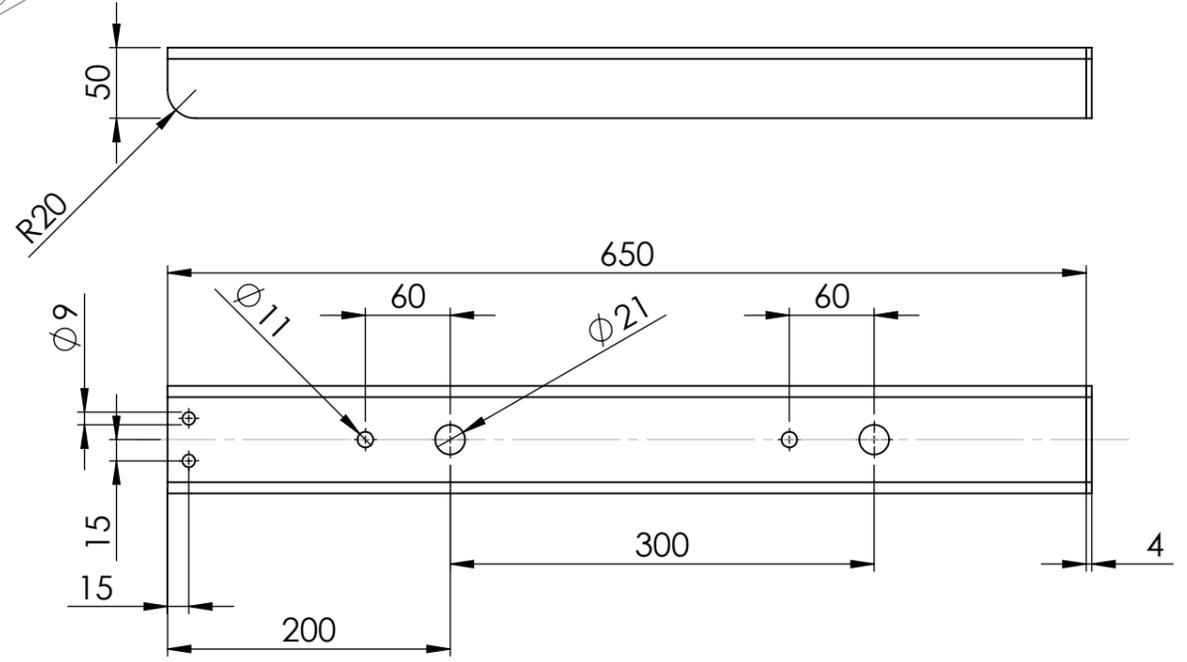
ESCALA:

NUMERO PLANO:

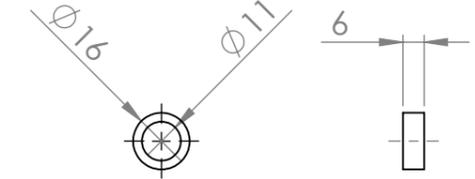
(19) DOBLE PATAS



(1901) CUERPO PATAS



(1903) CASQUILLO SEPARADOR PATAS



7	AM B18.6.7M 8x20-18.8-N		2
6	DIN 1587 - M8 --NNU		2
5	DIN 1587 - M10 --NNU		2
4	AM B18.6.7M 10x25-23.5-N		2
3	Casquillo separador patas	MECANIZADO AISI 304	2
2	023.16.042-02.00.X0565	NGI XH065-XH16210-RHOX1680 AISI 304 (anexo pata limpia)	2
1	Cuerpo patas intermedias	CHAPA METALICA AISI 304 4mm	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TRABAJO FIN DE GRADO GRADO DE INGENIERIA MECÁNICA		
	TÍTULO:		
PLANTILLA A3H	FIRMA	NOMBRE: XIAOBIN ZHOU	
		FECHA: 09/07/2020	ESCALA: